Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 14, No. 2, December 2023, pp. 277-302
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۴، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱۴۰۲، ص. ۳۰۲-۲۷۷
نوع مقاله: پژوهشی

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.81901.1055

Assessment of Competition between Mungbean (*Vigna radiata*) and Lambsquarters (*Chenopodium album*) under Soil Dust Condition

Faridah Shadivand[1], Alireza Taab[2]*, Ekhlas Amini[3], Somayeh Hajinia[4]

Received: 11-04-2023
Revised: 19-12-2023
Accepted: 03-01-2024
Available Online: 21-02-2024

Cite this article:
Shadivand, F., Taab, A., Amini, E., & Hajinia, S. (2023). Assessment of competition between mungbean (*Vigna radiate*) and lambsquarters (*Chenopodium album*) under soil dust condition. *Iranian Journal of Pulses Research*, *14*(2), 281-306. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.81901.1055

Introduction

Dust storms are meteorological phenomena that usually occur in arid and semi-arid regions with an annual rainfall of less than 200 to 250 mm when strong winds blow with a high speed. Dust particles affect plants growth and development directly by depositing in shoot or indirectly by changing soil chemical properties (Maletsika *et al*., 2015). The interference of weeds with the mungbean (*Vigna radiate*) plant is one of the important factors limiting the production capacity of this crop, which leads to a decrease in yield and an increase in production costs. The competition between crops and weeds becomes more complicated when coincide with environmental stresses like soil dust. Compared to crops, weeds are more resistant to environmental stresses and have a high capacity to absorb more water and nutrients. The aim of this research was to evaluate the competitive balance between lambsquarters and mungbean under soil dust conditions in order to manage production of this crop with lambsquarters under soil dust conditions.

Materials and Methods

The pot experiment was carried out in the research greenhouse of the Faculty of Agriculture of Ilam University, Iran in spring of 2022. The experiment was conducted as a factorial based on a completely randomized design with four replications. The treatments were included soil dust at two levels (0 and 60 g dust.m^{-3} of air) and replacement planting pattern at five levels (mungbean monoculture, lambsquarters monoculture, alternative intercropping of 75% mungbean + 25% lambsquarters, 50% mungbean + 50% lambsquarters and 25% mungbean + 75% lambsquarters). Totally, four plants per pots were sown. The measured traits were included physiological characteristics such as photosynthetic pigments, photosynthesis rate, transpiration rate, leaf area, plant height, stem diameter, biological yield and grain yield components of mungbean and inflorescence yield of lambsquarters.

Results and Discussion

The results showed that soil dust has no significant effect on the morpho-physiological characteristics of lambsquarters weed, while it decreased the photosynthesis rate, leaf relative water content, leaf area, plant height, number of pods per plant, biological yield and grain yield of mungbean by 26.1, 9.7, 10.6, 19.3, 14.8, 24 and 23.2%, respectively. The highest amount of chlorophyll in mungbean leaves (4.65 mg g^{-1} fresh weight of leaves) was obtained in the intercropping patterns of 75% mungbean + 25% lambsquarters and monoculture of mungbean under no dust conditions. The highest photosynthesis rate, transpiration rate, leaf area and number of pods in mungbean plant were observed in monoculture and planting pattern of 75% mungbean + 25% lambsquarters. The highest seeds number per plant (10.4 and 10.1) was observed in monoculture of mungbean and planting pattern of 75% mungbean + 25% lambsquarters under the no dust

1- Graduated M.Sc. Student, Assistant Professor, Graduated Ph.D. Student and Ph.D., Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
* Corresponding Author: a.taab@ilam.ac.ir

condition, which was 30.5 and 65.8 percent higher compared to dust treatment, respectively. The lowest seed number per plant (3.3) was obtained in 25% mungbean + 75% lambsquarters. Under both dust and no dust conditions in all plant patterns, the actual mungbean seed yield was lower than the expected yield and the changes in curve of mungbean yield was concave; but the actual yield of lambsquarters was more than the expected lambsquarters inflorescence yield, and the curve was convex suggesting a commensalism relationship for lambsquarters and amensalism relationship for mungbean. The relative crowding coefficient and the competition ratio under both conditions of dust and in different planting patterns were obtained for lambsquarters weed, were greater than one, which indicates the superiority of lambsquarters competitive ability compared to mungbean. The aggressivity index of lambsquarters under dusty conditions was higher than under dust-free conditions, which shows that lambsquarters weed has more competitive capacity under environmental stress conditions including soil dust. The results also showed that the mungbean plant has a greater potential to absorb dust than the lambsquarters weed, which is due to the presence of trichome in mungbean leaves surface. In general, in this experiment the lambsquarters dominated the mungbean plant in competition for water and nutritional resources and had better growth compared to mungbean in different planting patterns.

Conclusion

In the presence of dust, lambsquarters weed may have higher efficiency to use environmental resources due to its higher adaptability compared to the mungbean and causes decreasing in the yield of crop plants including mungbean. The interactive effect of dust and the interference from lambsquarters caused a significant decrease in mungbean yield. Therefore, the management of lambsquarters under dusty conditions is of important value.

Keywords: Competitive indices, Dust, Photosynthesis rate, Planting pattern, Relative yield

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۴، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱۴۰۲، ص. ۳۰۲-۲۷۷
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 14, No. 2, December 2023, pp. 277-302
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.81901.1055

ارزیابی رقابت بین گیاه زراعی ماش (*Vigna radiata*) و علف‌هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album*) تحت تأثیر گرد و خاک

فریده شادی‌وند[1]، علیرضا تاب[2*]، اخلاص امینی[3]، سمیه حاجی نیا[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی رقابت بین ماش (*Vigna radiata*) و سلمه‌تره (*Chenopodium album*) تحت تـأثیر گـرد و خـاک، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهـار تکـرار در گلخانـه تحقیقـاتی دانشـکده کشـاورزی دانشگاه ایلام در بهار سال ۱۴۰۱ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل گرد و خاک در دو سطح (صـفر و ۶۰ گـرم گـرد و خاک در مترمکعب هوا) و الگوی کاشت جایگزینی در پنج سطح (تک‌کشتی ماش و سلمه‌تره، کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره، ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره و ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره) بودنـد. صفات مورد بررسی شامل پارامترهای فتوسنتزی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، ارتفاع بوته، سطح برگ، اجزای عملکرد و عملکرد دانه ماش و وزن گل‌آذین سلمه‌تره بودند. نتایج نشان داد که گرد و خـاک تـأثیری بـر خصوصـیات مورفـو- فیزیولـوژیکی علف‌هرز سلمه‌تره نداشت. گرد و خاک سرعت فتوسنتز، مقدار رطوبت نسبی برگ، سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه ماش را به‌ترتیب ۲۶/۱، ۹/۷، ۱۰/۶، ۱۹/۳، ۱۴/۸، ۲۴ و ۲۳/۲ درصـد کـاهش داد. بیشترین مقدار کلروفیل برگ ماش (۴/۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره و کشت خالص ماش تحت شرایط بدون گرد و خاک به‌دست آمد. بیشترین سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، سطح برگ و تعداد غلاف در بوته ماش در کشت خالص و الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره مشاهده شد. تحت هر دو شرایط گرد و خاک در همه الگوهای کاشت، عملکرد واقعی ماش کمتر از عملکرد مورد انتظار بود و منحنی تغییرات عملکرد ماش به‌صورت مقعر بود؛ امّا عملکرد واقعی سلمه‌تره بیشتر از عملکرد مورد انتظار بود و منحنی به‌صورت محدب و نشان‌دهنده روابط سودبری یک‌جانبه برای سلمه‌تره و زیانبری یک‌جانبه برای ماش بـود. ضـریب تـراکم نسـبی و نسـبت رقابت تحت هر دو شرایط گرد و خاک در الگوهای مختلف کاشت برای علف‌هرز سلمه‌تره بیشتر از یک به‌دست آمـد؛ کـه نشان‌دهنده برتری قدرت رقابتی سلمه‌تره در مقایسه با ماش است. شاخص غالبیت سلمه‌تره تحـت شـرایط گـرد و خـاک بیشتر از شرایط بدون گرد و خاک است که نشان می‌دهد، تحت شرایط تنش‌های محیطی از جمله گرد و خاک، علـف‌هرز سلمه‌تره از قدرت رقابتی بیشتری برخوردار است؛ بنابراین کنترل و مدیریت علف‌هرز سلمه‌تره در گیاهـان زراعـی بـه‌ویژه ماش تحت شرایط گرد و خاک بسیار حائز اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: الگوی کاشت، ریزگرد، سرعت فتوسنتز، شاخص‌های رقابتی، عملکرد نسبی

مقدمه

طوفان‌های گرد و غبار از پدیده‌های اقلیمـی هسـتند کـه بیشتر در مناطق نیمه‌خشک و خشک با بارش سالیانه کمتـر از ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر در هنگـام وزش تنـدبادهایی بـا سـرعت بیش از حد آستانه اتفاق می‌افتند. خاورمیانه یکی از کانون‌های اصلی ریزگردها اسـت؛ معمـولاً وقـوع ریزگردهـا در منـاطق آن بیشتر در ماه‌های تابستان اتفاق مـی‌افتـد و طوفان‌هـای گـرد و غبار در این منطقـه، اغلـب بـا بادهـای شـمالی همـراه هسـتند (Goudie, 2009). اکلند و همکاران (Eklund *et al*., 2017) گزارش کردند که شدت طوفان ریزگردها بـه‌عنوان یـک پدیـده مخرب که به‌علت سرعت زیاد باد ایجاد می‌شود، باعث فرسایش و از بین رفتن زمین‌های زراعی و خاک سطحی می‌شود. پدیـده

۱، ۲، ۳ و ۴- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، استادیار، دانش‌آموخته دکتری و دکتـرای تخصصی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشـکده کشـاورزی، دانشگاه ایـلام، ایلام، ایران.
(*- نویسنده مسئول: a.taab@ilam.ac.ir)

گرد و غبار به‌عنوان پدیده بارز مناطق بیابانی و خشک، باعث اختلال در فعالیت‌های انسانی، کشاورزی، حمل و نقل و صنایع می‌گردند (Fallah Zazuli *et al*., 2014).

ذرات ریزگردها گیاهان را به‌صورت مستقیم با رسوب در اندام‌های هوایی یا به‌طور غیرمستقیم با تغییر ویژگی‌های شیمیایی خاک تحت تأثیر قرار می‌دهند (Maletsika *et al*., 2015). در بین ذرات معلق در هوا، ذرات با قطر کمتر از پنج میکرومتر بیشترین اختلال را در عملکرد روزنه‌ها و در نتیجه، کاهش سرعت فتوسنتز و رشد گیاه دارند (Takashi, 1995). این ذرات با رسوب بر اندام‌های گیاهی و همچنین کاهش میزان نور رسیده به آن‌ها تأثیر زیادی در کاهش عملکرد محصولات زراعی دارند (Leghari *et al*., 2014). اثرات گرد و غبار روی گیاهان ممکن است عامل زمینه‌ساز یا تشدیدکننده تنش‌های ثانویه از جمله تنش آفات، بیماری‌ها و خشکی نیز باشند (Grantz *et al*., 2003). رسوب گرد و خاک روی گیاهان معمولاً بر کمیت و کیفیت نوری که به سطح گیاه می‌رسد تأثیر می‌گذارد و دمای برگ را افزایش می‌دهد (Meravi *et al*., 2021). علاوه‌براین، تجمع ذرات گرد و خاک روی برگ‌ها ممکن است منجر به مسدود شدن روزنه‌ها شود که در تبادل گازها اختلال ایجاد می‌کند. همه تغییرات فوق می‌توانند بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی برگ تأثیر منفی گذاشته و در نتیجه، بر رشد و بهره‌وری گیاه تأثیر منفی بگذارد (Maletsika *et al*., 2015). شدت آلودگی گرد و خاک بر گیاهان به خواص شیمیایی و فیزیکی، مدت زمان و دفعات وقوع رویدادهای گرد و خاک، مورفولوژی برگ و تحمل گونه‌ها به چنین تنشی بستگی دارد. همچنین ویژگی‌های اقلیمی مانند دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و رویدادهای بارندگی بر شدت تنش گرد و خاک روی گیاهان تأثیر می‌گذارند (Siqueira-Silva *et al*., 2016a).

ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) یکی از بقولات دانه‌ای با دوره رشد کوتاه، سازگاری وسیع، کم‌توقع و تثبیت‌کننده نیتروژن است که در بسیاری از نظام‌های کشت به‌خوبی وارد شده و همچنین منبع مهمی از پروتئین با کیفیت بالا در رژیم‌های غذایی بر پایه غلات در بسیاری از کشورهای آسیایی است (Khattak *et al*., 2001). تداخل علف‌های‌هرز با گیاه ماش از جمله عوامل مهم محدودکننده تولید این محصول است که منجر به کاهش عملکرد و افزایش هزینه‌های تولید می‌شود. برخی از پژوهشگران میزان کاهش عملکرد ماش را تحت رقابت علف‌های‌هرز در محدوده ۲۰ تا ۸۵ درصد گزارش کرده‌اند (Singh *et al*., 1991). این موضوع، گویای اهمیت بسیار زیاد مدیریت علف‌های‌هرز در این محصول است.

سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) از مهم‌ترین علف‌های‌هرز بسیاری از محصولات تابستانه از جمله ماش است، که می‌تواند سالانه خسارت قابل‌توجهی به این محصول وارد کند. سلمه‌تره علف‌هرزی یک‌ساله و پهن‌برگ از تیره Chenopodiaceae است و به‌عنوان یکی از ۱۲ گونه غالب علف‌هرز در سراسر جهان شناخته می‌شود (Scheepens *et al*., 1997). از این‌رو، مدیریت علف‌های‌هرز یکی از عناصر کلیدی در بیشتر سیستم‌های زراعی به‌حساب می‌آید. آنچه وضعیت رقابت گیاهان زراعی و علف‌های‌هرز را پیچیده‌تر می‌کند، وجود تنش‌های محیطی از جمله گرد و خاک است. در مقایسه با گیاهان زراعی، علف‌های‌هرز در شرایط نامساعد محیطی مقاوم‌تر هستند و ظرفیت بالایی برای جذب آب و عناصر غذایی دارند (Wei & Zhou, 2006).

بررسی اثر گرد و خاک بر رقابت بین لوبیاچیتی رقم کوشا (*Phaseolus vulgaris*) و علف‌های‌هرز سلمه‌تره و سوروف (*Echinochloa crus-galli* P. Beauv L.) توسط قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al*., 2020) نشان داد که سرعت فتوسنتز، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئیدها، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، زیست‌توده و عملکرد دانه لوبیا و همچنین زیست‌توده علف‌های‌هرز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار گرد و خاک قرار می‌گیرند. همچنین با افزایش نسبت تراکمی علف‌های‌هرز صفات لوبیا بیشتر تحت تأثیر علف‌های‌هرز قرار گرفته و این اثرها با اعمال تیمار گرد و خاک نیز تشدید گردید. گرد و خاک سبب کاهش عملکرد و زیست‌توده لوبیا شد. از طرفی دیگر، سوروف به‌عنوان علف‌هرز باریک‌برگ کمتر از سلمه‌تره به‌عنوان علف‌هرز پهن‌برگ تحت تأثیر پدیده گرد و خاک قرار گرفت؛ به‌طوری‌که کاهش زیست‌توده به‌دلیل گرد و خاک در سلمه‌تره بیشتر از سوروف بود. فاطمی‌نژاد و همکاران (Fateminejhad *et al*., 2017) نشان دادند که اعمال ریزگردها به‌میزان ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در مترمکعب ریزگرد باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی و مقدار قندهای محلول در گیاه ماش می‌گردد. فعله‌کری و همکاران (Felegari *et al*., 2017) گزارش دادند که اسپری کردن ریزگردها در مرحله رویشی از طریق کاهش غلاف‌دهی و پر شدن غلاف‌ها باعث کاهش عملکرد دانه نخود (*Cicer arietinum*) می‌شوند. شهبازی و همکاران (Shahbazi *et al*., 2016) در تحقیقی با عنوان اثر ریزگردها بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum*) نشان دادند که ریزگردها منجر به کاهش کلروفیل، محتوای پروتئین‌های محلول، هدایت روزنه‌ای، دمای برگ و در نهایت، کاهش عملکرد گندم می‌شوند.

ریزگردها با رسوب بر اندام‌های گیاهی و همچنین کاهش میزان نور رسیده به آن‌ها تأثیر زیادی در کاهش عملکرد محصولات زراعی دارند. علاوه‌بر تأثیر ریزگردها بر محصولات زراعی، رقابت علف‌های‌هرز که یکی دیگر از عوامل کاهش‌دهنده رشد گیاهان به‌حساب می‌آیند، تحت شرایط گرد و خاک تشدید شده و این امر باعث تشدید تنش در گیاه می‌شود و رشد گیاه را کاهش می‌دهند. استان ایلام که در غرب کشور واقع شده به‌صورت گسترده تحت تأثیر طوفان‌های گرد و غبار بوده که موجب کاهش رشد و عملکرد محصولات کشاورزی رایج در آن مانند ماش می‌شود. بنابراین، جهت پیش‌بینی اثرات مخرب گرد و خاک بر محصولات زراعی و نیز روابط تداخلی آن‌ها با علف‌های‌هرز در راستای مدیریت تبعات تغییر اقلیم، کمّی‌سازی اثرات این تنش‌های زیستی و غیرزیستی بر گیاه زراعی مانند ماش ضروری می‌باشد. لذا، هدف از اجرای این تحقیق، ارزیابی تعادل رقابتی بین سلمه‌تره با ماش تحت تأثیر ریزگردها جهت مدیریت تبعات ذکر شده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۴۰۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل گرد و خاک در دو سطح (صفر و ۶۰ گرم گرد و خاک در مترمکعب) و الگوی کاشت جایگزینی در پنج سطح (تک‌کشتی ماش، تک‌کشتی سلمه‌تره، کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره، ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره و ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره) بودند.

اجرای طرح در گلدان‌های سفالی با وزن سه کیلوگرم خاک با زهکش مناسب حاوی ۱۰ درصد کود دامی و ۹۰ درصد خاک استفاده شد. اندازه گلدان‌ها با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر و قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر بود. برای ماش از بذور رقم محلی استفاده گردید. بذور سلمه‌تره از محوطه دانشگاه ایلام تهیه شدند. کاشت هر دو گیاه ماش و سلمه‌تره به‌صورت همزمان در فروردین ماه سال ۱۴۰۱ انجام شد. کاشت بذر در گلدان‌هایی با تراکم بیشتر از حد مورد نظر انجام شد و پس از سبز شدن بوته‌ها تنک شدند. تعداد بوته در هر گلدان چهار بوته بر اساس الگوهای کاشت جایگزینی در نظر گرفته شد. در کشت خالص ماش و سلمه‌تره چهار بوته در گلدان نگه داشته شد. برای کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره در هر گلدان سه بوته ماش و یک بوته سلمه‌تره بود. در الگوی کشت مخلوط ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره در هر گلدان دو بوته ماش و دو بوته سلمه‌تره قرار داشت. در الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره یک بوته ماش و سه بوته سلمه‌تره بود. بعد از کاشت، آبیاری گلدان‌ها به‌صورت منظم و یکنواخت تا پایان فصل رشد صورت گرفت. شرایط گلخانه در طول آزمایش، شامل دریافت نور از طریق سقف و دیواره‌های شیشه‌ای و دما ۱۵ درجه سانتی‌گراد در شب و ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد در روز بود.

برای اعمال گرد و خاک ابتدا یک اتاقک به‌طول، عرض و ارتفاع ۲×۲×۱ متر تعبیه گردید. دور تا دور اتاقک با پلاستیک شفاف پوشیده شد و یک سوراخ در پلاستیک (ارتفاع نیم متری) اتاقک برای لوله فن ایجاد شد که با باد فن، گرد و خاک وارد فضای اتاقک شد. اعمال گرد و خاک بعد از استقرار گیاهان، در ابتدای مرحله رشد زایشی ماش انجام گردید. میزان گرد و خاک استفاده شده حدود ۶۰ گرم در مترمکعب ریزگرد بود که از گرد و خاک طبیعی از مناطق بیابانی دهلران جمع‌آوری شده بود. اندازه ذرات گرد و خاک جمع‌آوری حدود ۰/۰۵۳ میلی‌متر بوده که از الک آزمایشگاهی ۲۷۰ مش (ASTM, KTA-Tator, Inc., USA) عبور داده شدند. بعد از حدود ۴۰ دقیقه نشستن ذرات معلق گرد و خاک روی گلدان‌ها وقتی هوای اتاقک کاملاً صاف شد، اقدام به انتقال گلدان‌ها به گلخانه گردید.

بعد از ۱۵ روز از اعمال ریزگردها و در مرحله گل‌دهی اقدام به اندازه‌گیری خصوصیات فیزیولوژیکی در هر دو گیاه شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ، سرعت تعرق و غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای از دستگاه پرتابل سنجش فتوسنتز (مدل فتوسنتزمتر Plant photosynthesis meter. Korea tech ساخت کشور کره) استفاده شد. برای سنجش میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید بر اساس روش آرنون (Arnon, 1875) از استون استفاده شد. همچنین مقدار رطوبت نسبی برگ طبق روش ریتچی و همکاران (Ritchie *et al.*, 1990) اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری سطح برگ هر گیاه با استفاده از اندازه‌گیری طول برگ‌ها از نوک تا نقطه تقاطع برگ با ساقه و عرض برگ‌ها در عریض‌ترین قسمت برگ با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری گردید. سطح برگ ماش و سلمه‌تره با استفاده از معادله‌های درجه دوم زیر که بیشترین ضریب تبیین (R^2) و بهترین برازش را داشتند، محاسبه گردید.

معادله (۱): سطح برگ ماش

$$LA = 0.3458 L^2 + 0.486 L - 0.4734$$
$$R^2 = 0.91$$

معادله (۲): سطح برگ سلمه‌تره

$$LA = 0.6263 L^2 - 0.7438 L + 1.177$$
$$R^2 = 0.95$$

که در این معادله‌ها، L: طول برگ هر گیاه و LA: سطح برگ هر گیاه را نشان می‌دهد.

ارتفاع بوته هر دو گیاه ماش و سلمه‌تره با خط‌کش اندازه‌گیری شد. قطر ساقه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. غلاف‌های ماش برای هر تیمار برداشت و تعداد آن‌ها شمارش شد و همچنین تعداد دانه در هر غلاف نیز شمارش گردید. پس از پایان رشد گیاه، همه بوته‌ها برای هر دو گیاه به‌صورت جداگانه برداشت و بعد از خشک شدن بوته‌ها و اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیکی، دانه‌ها جدا و سپس اقدام به اندازه‌گیری عملکرد دانه برای ماش و وزن گل‌آذین برای سلمه‌تره با ترازو گردید. برای محاسبه اثرات رقابتی و شاخص‌های سودمندی بین گیاهان ماش و سلمه‌تره از شاخص‌های ذیل استفاده شد (Willey, 1979).

معادله (۳): عملکرد نسبی[1]

$$RY_{(Lambsquarters)} = \frac{Y_{PM}}{Y_{PP}}$$

$$RY_{(Mungbean)} = \frac{Y_{MP}}{Y_{MM}}$$

$$RY_{total} = RY_{Lambsquarters} + RY_{Mungbean}$$

معادله (۴): ضرایب ازدحام نسبی[2]

$$RCC_{(Lambsquarters)} = \frac{Y_{PM} \times Z_{MP}}{(Y_{PP} - Y_{PM}) \times Z_{PM}}$$

$$RCC_{(Mungbean)} = \frac{Y_{MP} \times Z_{PM}}{(Y_{MM} - Y_{MP}) \times Z_{MP}}$$

معادله (۵): شاخص غالبیت[3]

$$A_{Lambsquarters} = \frac{Y_{PM}}{Y_{PP} \times Z_{PM}} - \frac{Y_{MP}}{Y_{MM} \times Z_{MP}}$$

$$A_{Mungbean} = \frac{Y_{MP}}{Y_{MM} \times Z_{MP}} - \frac{Y_{PM}}{Y_{PP} \times Z_{PM}}$$

معادله (۶): نسبت رقابت[4]

$$CR_{(Lambsquarters)} = \frac{RY_{Lambsquarters}}{RY_{Mungbean}} \times \frac{Z_{MP}}{Z_{PM}}$$

$$CR_{(Mungbean)} = \frac{RY_{Mungbean}}{RY_{Mungbean}} \times \frac{Z_{PM}}{Z_{MP}}$$

1- Relative yield
2- RCC: Relative Crowding Coefficient
3- A: Aggresivity
4- CR: Competitive Ratio

که در آن، Y_{ab}: عملکرد گیاه سلمه‌تره در کشت مخلوط، Y_{aa}: عملکرد گیاه سلمه‌تره در کشت خالص، Y_{ba}: عملکرد ماش در کشت مخلوط و Y_{bb}: عملکرد ماش در کشت خالص است. Z_{ab}: نسبت مخلوط گیاه سلمه‌تره و Z_{ba}: نسبت مخلوط گیاه ماش است. $RY_{Mungbean}$: عملکرد نسبی ماش، $RY_{Lambsquarters}$: عملکرد نسبی سلمه‌تره، RY_{total}: عملکرد نسبی کل، $RCC_{Mungbean}$: ضرایب ازدحام نسبی ماش، $RCC_{Lambsquarters}$: ضرایب ازدحام نسبی سلمه‌تره، $A_{Mungbean}$: شاخص غالبیت ماش، $A_{Lambsquarters}$: شاخص غالبیت سلمه‌تره، $CR_{Mungbean}$: نسبت رقابت ماش و $CR_{Lambsquarters}$: نسبت رقابت سلمه تره است.

تجزیه آماری داده‌های آزمایش با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید و برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیولوژیکی

نتایج مندرج در جدول ۱ نشان‌دهنده معنی‌داربودن اثرات گرد و خاک بر مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدهای برگ ماش در سطح احتمال یک درصد بود. الگوی کاشت بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق ماش و سلمه‌تره تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین اثرات متقابل تیمارها (گرد و خاک × الگوی کاشت) بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی ماش معنی‌دار گردید (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات الگوهای مختلف کاشت و گرد و خاک بر مقدار صفات فتوسنتزی برگ ماش و سلمه‌تره

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) of the effect of different planting patterns and dust on photosynthetic traits in the leaves of mungbean and lambsquarters

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ماش Mungbean: کلروفیل Chlorophyll	کاروتنوئیدها Carotenoid	سرعت فتوسنتز Photosynthetic rate	سرعت تعرق Transpiration rate	سلمه‌تره Lambsquarters: کلروفیل Chlorophyll	کاروتنوئیدها Carotenoid	سرعت فتوسنتز Photosynthetic rate	سرعت تعرق Transpiration rate
گرد و خاک Dust	1	3.977^{**}	2.537^{ns}	12.751^{**}	1.445^{ns}	0.160^{ns}	0.098^{ns}	1.051^{ns}	0.180^{ns}
الگوی کاشت Planting pattern	3	8.868^{**}	13.280^{**}	11.187^{**}	2.967^{**}	0.974^{**}	2.163^{*}	7.959^{**}	2.292^{**}
گرد و خاک × الگوی کاشت Dust × planting pattern	3	2.578^{**}	5.568^{*}	0.020^{ns}	0.091^{ns}	0.066^{ns}	0.320^{ns}	0.244^{ns}	0.011^{ns}
خطای آزمایشی Error	24	0.138	1.581	1.351	0.606	0.252	0.379	0.867	0.150
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	11.98	23.03	27.67	30.31	13.34	14.05	15.13	10.73

ns، ** و *: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

بیشترین مقدار کلروفیل برگ ماش (۴/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در الگوهای کشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره و کشت خالص ماش تحت شرایط بدون گرد و خاک به‌دست آمد؛ که در مقایسه با کشت خالص ماش تحت شرایط با گرد و خاک ۳۵/۸ درصد بیشتر بود. گرد و خاک تأثیری بر مقدار کلروفیل برگ ماش در الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره نداشت و این الگوی کاشت کمترین مقدار کلروفیل (۱/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) را به خود اختصاص داد (جدول ۲). بیشترین مقدار کاروتنوئیدهای برگ ماش (۵/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در الگوی کاشت ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره تحت شرایط گرد و خاک مشاهده شد و الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره تحت شرایط بدون گرد و خاک کمترین میزان این صفت را دارا بود (جدول ۲). بیشترین مقدار کلروفیل (۴/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و مقدار کاروتنوئیدها سلمه‌تره (۵/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره حاصل گردید و بین سایر الگوهای کاشت تفاوت معنی‌داری با کشت خالص سلمه‌تره وجود نداشت (جدول ۳). گرد و خاک تأثیری بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ سلمه‌تره نداشت؛ امّا باعث کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ ماش گردید. رقابت با علف‌هرز سلمه‌تره باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ ماش شد (جدول‌های ۲ و ۳).

جدول ۲- تأثیر گرد و خاک بر خصوصیات فیزیولوژیکی ماش در الگوهای مختلف کاشت

Table 2- The effect of dust on physiological traits in mungbean in different planting patterns

گرد و خاک Dust	الگوی کاشت Planting pattern	کلروفیل Chlorophyll (میلی‌گرم در گرم وزن تر) ($mg.g^{-1}.fw^{-1}$)	کاروتنوئیدها Carotenoid	دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه‌ای (میلی‌مول CO_2 بر مترمربع در ثانیه) Intercellular CO_2 concentration ($mmol\ CO_2.m^{-2}.s^{-1}$)
بدون گرد و خاک No dust	۱۰۰ درصد ماش+ ۰ درصد سلمه‌تره 0% Mungbean + 100% lambsquarters	4.65^{a}*	4.91^{ab}	403.6^{e}
	۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد سلمه‌تره 25% Mungbean + 75% lambsquarters	4.65^{a}	4.52^{ab}	437.6^{d}
	۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد سلمه‌تره 50% Mungbean + 50% lambsquarters	2.85^{cd}	2.94^{bcd}	430.8^{d}
	۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد سلمه‌تره 75% Mungbean + 25% lambsquarters	1.66^{e}	1.73^{d}	443.3^{d}
با گرد و خاک With dust	۱۰۰ درصد ماش+ ۰ درصد سلمه‌تره 0% Mungbean + 100% lambsquarters	3.43^{b}	4.54^{ab}	483.6^{c}
	۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد سلمه‌تره 25% Mungbean + 75% lambsquarters	2.63^{d}	3.81^{bc}	481.2^{c}
	۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد سلمه‌تره 50% Mungbean + 50% lambsquarters	3.33^{bc}	5.92^{a}	514.6^{b}
	۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد سلمه‌تره 75% Mungbean + 25% lambsquarters	1.61^{e}	2.08^{cd}	532.8^{a}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan' s multiple range test ($P<0.05$).

توانایی جذب و نگهداری گرد و خاک در بین گونه‌های مختلف گیاهی بر اساس صفات مورفولوژیکی برگ مانند شکل برگ، میزان کرک‌دار بودن سطح رویی و زیرین برگ، میزان زبری و موم برگ تعیین می‌گردد (Liu *et al.*, 2012). به نظر می‌رسد، گیاه زراعی ماش با داشتن برگ‌های زبر و کرک‌دار پتانسیل بیشتری در جذب و نگهداری گرد و خاک داشته است؛ در صورتی‌که علف‌هرز سلمه‌تره با داشتن برگ‌های صاف و بدون کرک، زیاد تحت تأثیر گرد و خاک قرار نمی‌گیرد. علاوه‌براین، به‌دلیل گسترده بودن برگ‌های ماش بر روی ساقه رسوب ذرات گرد و خاک بر آن در مقایسه با برگ‌های افراشته سلمه‌تره بیشتر؛ در نتیجه آسیب گرد و خاک بر گیاه زراعی ماش بیشتر است. رسوب ریزگرد بر سطح برگ موجب کاهش نور و سایه‌اندازی آن بر روی برگ شده که باعث کاهش فتوسنتز شده و در نهایت، منجر به کاهش کلروفیل در برگ می‌شود و یا به‌دلیل همراهی اثر سایه و آسیب بر غشای سلولی و افزایش لیپید پروکسید در سلول است که باعث کاهش کلروفیل می‌شود (Abu-Romman & Alzubi, 2015). کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ ماش تحت شرایط گرد و خاک ممکن است ناشی از شرایط قلیایی شدن سطح برگ در اثر رسوب گرد و خاک باشد که باعث تخریب کلروفیل در گیاه ماش شده است (Prusty, 2005). همچنین ورود گرد و خاک در بافت‌های برگ سبب قلیایی شدن شیره سلولی و جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های بیوسنتز کلروفیل در کلروپلاست می‌شود (Prusty, 2005). فاطمی‌نژاد و همکاران (Fateminejhad *et al.*, 2017) کاهش مقدار کلروفیل در برگ ماش را تحت شرایط گرد و خاک گزارش کردند. ساها و همکاران (Shah *et al.*, 2018) در ارزیابی دزهای مختلف صفر، دو، چهار و شش گرم گرد و خاک بر برگ گزارش دادند که مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان رشد یافته تحت شرایط گرد و خاک به‌طور قابل‌توجهی کمتر از شرایط بدون گرد و خاک است.

همچنین علف‌های‌هرز با افزایش سایه‌اندازی و کاهش میزان نور دریافتی، رقابت بر سر جذب آب و مواد غذایی و در نتیجه، کاهش جذب عناصر ضروری (از جمله آهن و منگنز) برای ساخت کلروفیل و کاروتنوئیدها بر کاهش فتوسنتز تأثیر می‌گذارد (Ghasemi *et al.*, 2020). قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2020) با بررسی اثر گرد و خاک و کشت مخلوط لوبیا و علف‌هرز گزارش کردند که بیشترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در تیمار کشت خالص لوبیا به‌دست می آید و با افزایش نسبت علف‌هرز در کشت مخلوط از میزان کلروفیل a کاسته شد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. با توجه به وظایف کاروتنوئیدها، افزایش کاروتنوئیدها در الگوی کاشت تحت شرایط تنش ریزگردها باعث کاهش صدمات ناشی از تنش گرد و خاک شده است.

گرد و خاک سرعت فتوسنتز ماش را ۲۶/۱ درصد کاهش داد (جدول ۳). بیشترین سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق ماش در کشت خالص و الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره به‌دست آمد و با افزایش تراکم سلمه‌تره سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق ماش کاهش یافت. میزان کاهش سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق ماش در الگوی ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره نسبت به کشت خالص ماش به‌ترتیب ۴۴/۷ و ۳۶/۵ درصد بود (جدول ۳). بیشترین سرعت فتوسنتز سلمه‌تره به‌ترتیب ۷/۲ و ۶/۸ میکرومول دی‌اکسید کربن بر مترمربع در ثانیه) در الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره و ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره حاصل گردید و کشت خالص سلمه‌تره کمترین مقدار سرعت فتوسنتز را دارا بود و با الگوی ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره تفاوت معنی‌داری نداشت. سرعت تعرق سلمه‌تره روندی مشابه سرعت فتوسنتز داشت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار سرعت تعرق سلمه‌تره در الگوهای کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره و ۵۰ درصد ماش +۵۰ درصد سلمه‌تره و کمترین مقدار در کشت خالص سلمه‌تره و الگوی ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره مشاهده گردید (جدول ۳).

جدول ۳- اثرات الگوهای مختلف کاشت بر خصوصیات فیزیولوژی ماش و سلمه‌تره

Table 3- Effect of different planting patterns on physiological traits in mungbean and lambsquarters

گرد و خاک Dust	ماش Mungbean: سرعت فتوسنتز (میکرومول CO_2 بر مترمربع در ثانیه) Photosynthetic rate ($\mu mol\ CO_2.m^{-2}.s^{-1}$)	ماش Mungbean: سرعت تعرق (میلی‌مول H_2O بر مترمربع در ثانیه) Transpiration rate ($mmol\ H_2O.m^{-2}.s^{-1}$)	سلمه‌تره Lambsquarters: کلروفیل Chlorophyll (میلی‌گرم در گرم وزن تر) (mg.g fresh weight^{-1})	سلمه‌تره Lambsquarters: کاروتنوئیدها Carotenoid (میلی‌گرم در گرم وزن تر) (mg.g fresh weight^{-1})	سلمه‌تره Lambsquarters: سرعت فتوسنتز (میکرومول CO_2 بر مترمربع در ثانیه) Photosynthetic rate ($\mu mol\ CO_2.m^{-2}.s^{-1}$)	سلمه‌تره Lambsquarters: سرعت تعرق (میلی‌مول H_2O بر مترمربع در ثانیه) Transpiration rate ($mmol\ H_2O.m^{-2}.s^{-1}$)
بدون گرد و خاک No dust	4.83^{a}*	2.78^{a}	3.69^{a}	4.44^{a}	6.34^{a}	3.51^{a}
با گرد و خاک With dust	3.57^{b}	2.36^{a}	3.83^{a}	4.33^{a}	5.98^{a}	3.69^{a}
الگوی کاشت **Planting pattern**						
۱۰۰ درصد ماش+ ۰ درصد سلمه‌تره 100% Mungbean + 0% lambsquarters	5.45^{a}	3.11^{a}	-	-	-	-
۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد سلمه‌تره 75% Mungbean + 25% lambsquarters	4.95^{a}	3.08^{a}	4.609^{a}	5.116^{a}	7.21^{a}	4.05^{a}
۵۰ درصد ماش+ ۵۰ درصد سلمه‌تره 50% Mungbean + 50% lambsquarters	3.39^{b}	2.11^{b}	3.159^{b}	3.899^{b}	6.80^{a}	4.10^{a}
۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد سلمه‌تره 25% Mungbean + 75% lambsquarters	3.01^{b}	1.98^{b}	3.618^{b}	4.190^{b}	5.38^{b}	3.11^{b}
۰ درصد ماش+ ۱۰۰ درصد سلمه‌تره 0% Mungbean + 100% lambsquarters	-	-	3.645^{b}	4.330^{b}	5.24^{b}	3.19^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan' s multiple range test (*P*<0.05).

در این پژوهش، کاهش فتوسنتز گیاه ماش تحت تأثیر ذرات گرد و خاک می‌تواند به‌دلیل افزایش انعکاس نور از سطح برگ باشد که باعث افزایش دمای برگ و در نتیجه، افزایش میزان تنفس گیاه می‌شود (Padgett *et al*., 2007). گرد و خاک سرعت فتوسنتز را با کاهش جذب نور توسط رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش می‌دهد. اسدی‌سبزی و همکاران (Asadi-Sabzi *et al*., 2019) گزارش دادند، با افزایش میزان ریزگرد، وزن تر و خشک علف‌های‌هرز جودره (*Hordeum spontaneum*) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) روند کاهشی نشان دادند، به‌طوری‌که مقدار ۷۵۰ و ۱۵۰۰ میکروگرم ریزگرد بر مترمکعب در زمان شروع بذردهی، به‌ترتیب باعث کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز به‌میزان ۱۷ و ۳۳ درصد شد. با افزایش میزان ریزگرد از صفر به ۱۵۰۰ میکروگرم بر مترمکعب، میزان فتوسنتز و سرعت تعرق نیز به

حدود نصف کاهش یافت. کاهش سرعت فتوسنتز در گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) در اثر گرد و خاک شبیه‌سازی شده در تحقیق علوی و کریمی (Alavi & Karimi, 2015) نیز مشاهده شد. قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al*., 2020) با بررسی اثر گرد و خاک بر رقابت لوبیا چیتی و علف‌های‌هرز سلمه‌تره و سوروف، گزارش کردند که بیشترین میزان سرعت فتوسنتز لوبیا در کشت خالص لوبیا مشاهده گردید. این میزان در شرایط گرد و خاک و رقابت علف‌هرز در کشت مخلوط با لوبیا کاهش یافت که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. علف‌های‌هرز با افزایش سایه‌اندازی و کاهش نور دریافتی، رقابت برای جذب آب و عناصر غذایی و کاهش جذب عناصر ضروری مثل آهن و منگنز برای سنتز کلروفیل و کاروتنوئیدها باعث کاهش سرعت فتوسنتزی گیاه زراعی می‌گردد (Bais *et al*., 2003).

ویکتور (Victor, 2016) گزارش کرد که گرد و خاک می‌تواند هم بر فرآیند فتوسنتز و هم بر تنفس و تعرق اثرگذار باشد. زیرا گازهای سمی همراه با گرد و غبار می‌توانند از طریق روزنه‌ها وارد گیاه شوند و ممکن است باعث تغییر در ترکیب گیاه شوند. گرد و خاک بر سرعت تعرق برگ ماش و سلمه‌تره تأثیر معنی‌داری نداشت که با نتایج عباس‌نسب و همکاران (Abbasnasab *et al*., 2019) مبنی بر عدم تأثیر معنی‌دار ریزگردها بر سرعت تعرق در گیاه *Bromus tomentellus* مطابقت داشت.

اثرات گرد و خاک، الگوی کاشت و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای ماش معنی‌دار بود. مقدار رطوبت نسبی ماش تحت تأثیر گرد و خاک قرار داشت. همچنین، الگوی کاشت در سطح احتمال یک درصد بر غلظت دی‌اکسیدکربن سلمه‌تره تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات الگوهای مختلف کاشت و گرد و خاک بر صفات فیزیولوژی ماش و سلمه‌تره

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of the effect of different planting patterns and soil dust on physiological traits in mungbean and lambsquarters

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ماش Mungbean		سلمه‌تره Lambsquarters	
		غلظت دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه‌ای Intercellular CO_2 concentration	مقدار رطوبت نسبی برگ Relative water content	غلظت دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه‌ای Intercellular CO_2 concentration	مقدار رطوبت نسبی برگ Relative water content
گرد و خاک Dust	1	44046**	477.89**	300.3ns	287.79ns
الگوی کاشت Planting pattern	3	2868**	7.41ns	2361.5**	377.67ns
گرد و خاک × الگوی کاشت Dust × planting pattern	3	865**	1.59ns	432.9ns	47.19ns
خطای آزمایشی Error	24	73	60.10	181.3	570.18
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	1.84	10.23	2.47	28.07

ns، ** و *: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.

بیشترین مقدار دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه‌ای ماش (۵۳۲/۸ میلی‌مول دی‌اکسید کربن بر مترمربع در ثانیه) در الگوی کشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره تحت شرایط گرد و خاک مشاهده شد و کشت خالص ماش تحت شرایط بدون گرد و خاک کمترین مقدار دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه‌ای (۴۰۳/۶ میلی‌مول دی‌اکسید کربن بر مترمربع در ثانیه) را دارا بود (جدول ۲). بیشترین مقدار دی‌اکسید اتاقک زیر روزنه‌ای (۵۵۲/۳ میلی‌مول دی‌اکسید کربن بر مترمربع در ثانیه) سلمه‌تره در کشت خالص سلمه‌تره مشاهده گردید (جدول ۵). غلظت دی‌اکسید کربن زیرروزنه‌ای بالا بیانگر این مطلب است که دی‌اکسید کربن وارد شده به برگ به‌خوبی در فرآیند فتوسنتز در شرایط تنش مورد استفاده قرار نگرفته است (Anyia & Herzog, 2004). پارتاساراتی و همکاران (Parthasarathi *et al*., 2012) گزارش کردند که غلظت دی‌اکسیدکربن اتاقک زیر روزنه‌ای در ذرت در تراکم بالا و آبیاری معمول کمتر از تراکم مطلوب و کم‌آبیاری بود.

جدول ۵- اثرات الگوهای مختلف کاشت و گرد و خاک بر مقدار رطوبت نسبی برگ، سطح برگ و غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای ماش و سلمه‌تره

Table 5- Effect of different planting patterns and soil dust on relative water content, leaf area and intercellular CO_2 concentration and in mungbean and lambsquarters

گرد و خاک Dust	ماش Mungbean مقدار رطوبت نسبی برگ (درصد) RWC (%)	ماش Mungbean سطح برگ (سانتی‌مترمربع) Leaf area (cm^2)	سلمه‌تره Lambsquarters دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه‌ای (میلی‌مول CO_2 بر مترمربع در ثانیه) Intercellular CO_2 concentration ($mmol\ CO_2.m^{-2}.s^{-1}$)	سلمه‌تره Lambsquarters سطح برگ (سانتی‌مترمربع) Leaf area (cm^2)
بدون گرد و خاک No dust	79.60^{a*}	97.77^{a}	545.55^{a}	103.80^{a}
با گرد و خاک With dust	71.87^{b}	87.42^{b}	541.21^{a}	96.95^{a}
الگوی کاشت Planting pattern				
۱۰۰ درصد ماش + ۰ درصد سلمه‌تره 100% Mungbean + 0% lambsquarters	75.88^{a}	112.76	-	-
۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره 75% Mungbean + 25% lambsquarters	76.94^{a}	106.31^{a}	525.1^{b}	106.64^{ab}
۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره 50% Mungbean + 50% lambsquarters	74.61^{a}	77.21^{b}	535.9^{b}	114.90^{a}
۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره 25% Mungbean + 75% lambsquarters	75.52^{a}	74.09^{b}	563.8^{a}	96.77^{bc}
۰ درصد ماش + ۱۰۰ درصد سلمه‌تره 0% Mungbean + 100% lambsquarters	-	-	552.3^{a}	83.19^{c}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan' s multiple range test ($P<0.05$).

مقدار رطوبت نسبی برگ ماش تحت شرایط گرد و خاک ۹/۷ درصد کاهش یافت (جدول ۵). چاتوردی و همکاران (Chaturvedi *et al.*, 2013) گزارش کردند که ریزگردها با کاهش جذب نور توسط برگ‌ها، باعث کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و مقدار آب برگ می‌شوند.

نتایج مندرج در جدول ۶ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات گرد و خاک بر سطح برگ ماش در سطح احتمال یک درصد بود. الگوی کاشت تأثیری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر سطح برگ ماش و سلمه‌تره داشت (جدول ۶). سطح برگ ماش در شرایط گرد و خاک ۱۰/۶ درصد کمتر از شرایط بدون گرد و خاک بود. بیشترین سطح برگ ماش در کشت خالص ماش و الگوی کشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره مشاهده شد که در مقایسه با الگوی کشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره به‌ترتیب ۵۲/۲ و ۴۳/۵ درصد بیشتر بودند (جدول ۵). بیشترین سطح برگ سلمه‌تره در الگوهای کاشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره و ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره مشاهده گردید و کشت خالص سلمه‌تره و الگوی کشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره کمترین میزان سطح برگ را دارا بودند (جدول ۵).

برگ‌ها به‌عنوان حساس‌ترین جزء گیاه در مقابل آلاینده‌های هوا به‌حساب می‌آیند و معیار مناسبی برای سنجش گرد و خاک هستند. آسیب‌های ناشی از آلاینده‌های هوا در برگ گیاهان شامل نکروز، کلروز، اپی‌ناستی و پیری زودرس است. معمولاً تحت شرایط تنش آلودگی کم، ابتدا کلروز در برگ اتفاق می‌افتد و با افزایش شدت تنش سلول‌های گیاهی یا کل گیاه ممکن است از بین رود (Katiyar & Dubey, 2000). در این پژوهش، گرد و خاک باعث کاهش سطح برگ ماش و کلروز شدن برگ ماش گردید. همچنین، نفوذ ذرات شیمیایی گرد و خاک به درون سلول‌های برگ و انحلال در شیره سلولی ممکن است باعث تغییر pH درون سلول با ایجاد اثر آنتاگونیستی برخی عناصر بر یکدیگر شود. در نهایت، این تغییرات ممکن است به تولید نشدن رنگیزه‌های کافی و در نتیجه، تغییر رنگ (کلروزه شده برگ) اتفاق بیفتد و در مواردی حتی باعث تخریب سلولی (نکروزه شدن برگ) می‌شود (Ulrichs *et al.*, 2008). در تحقیقی سیکوئیرا-سیلوا و همکاران (Siqueira-Silva *et al.*, 2016b) گزارش دادند، اعمال غبار سیمان (۲/۵ میلی‌گرم بر سانتی‌مربع در ۴۱ روز) روی برگ *Cedrela fissilis* باعث ایجاد علائم کلروز در برگ

می‌گردد. احتمالاً کاهش سطح برگ ماش به‌علت کاهش مقدار رطوبت نسبی برگ و در نتیجه، کاهش اندازه سلول، کاهش تقسیم سلول‌های مریستمی و در نهایت، کاهش رشد و سطح برگ است (Osuagwu *et al.*, 2010). نتایج محققان نشان می‌دهد که ذرات گرد و غبار باعث کاهش میزان سطح برگ ارقام مختلف گندم شده است (Shahbazi *et al.*, 2016). پراستی (Prusty, 2005) گزارش کرد که سطح برگ بر میزان جذب نور توسط کانوپی مؤثر بوده و کارایی فتوسنتزی و در نتیجه، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و میزان ماده خشک تجمعی و در نهایت، سرعت رشد و عملکرد محصول را افزایش می‌دهد. گونه‌های مختلف گیاهی در مواجه با تنش‌های محیطی مانند گرد و خاک از پتانسیل متفاوتی برخوردار هستند. در این پژوهش، سطح برگ سلمه‌تره تحت تأثیر گرد و خاک قرار نگرفت؛ بنابراین سلمه‌تره با برگ‌های پهن و گسترده خود باعث کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی برای ماش و در نتیجه، کاهش سطح برگ ماش به‌ویژه تحت شرایط گرد و خاک گردید. سایه‌اندازی سلمه‌تره روی ماش باعث کاهش نفوذ تشعشع به داخل کانوپی ماش، کاهش سرعت فتوسنتز ماش و در نتیجه، سطح برگ ماش در الگوهای مختلف کاشت با سلمه‌تره در مقایسه با کشت خالص کاهش یافته است. با توجه به اینکه برگ نقش فتوسنتز گیاه را به عهده دارد، کاهش سطح برگ می‌تواند رشد و عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین، سطح برگ یکی از خصوصیات فیزیولوژیک مؤثر است که به‌خوبی می‌تواند رقابت درون گونه‌ای و برون گونه‌ای بین گیاهان زراعی و علف‌های‌هرز را نشان دهد. با توجه به حجم کم بوته ماش در مقایسه با علف‌هرز سلمه‌تره در نتیجه رشد بوته‌های سلمه‌تره در الگوهای کاشت با کاهش رقابت درون گونه‌ای بیشتر شده و سطح برگ سلمه‌تره در الگوهای کشت مخلوط افزایش یافته است. میرشکاری (Mirshekari, 2013) گزارش کرد که سطح برگ کلزا در اثر تراکم بالای علف‌هرز کاهش می‌یابد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

اثرات گرد و خاک بر ارتفاع ماش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. الگوی کاشت تأثیری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر قطر ساقه ماش و سلمه‌تره داشت (جدول ۶).

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات الگوهای مختلف کشت مخلوط و گرد و خاک بر صفات زراعی ماش و سلمه‌تره

Table 6- Analysis of variance (mean of squares) of the effect of different planting patterns and soil dust on agronomic traits in mungbean and lambsquarters

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ماش Mungbean			سلمه‌تره Lambsquarters		
		ارتفاع بوته Plant height	سطح برگ Leaf area	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته Plant height	سطح برگ Leaf area	قطر ساقه Stem diameter
گرد و خاک Dust	1	35.158**	857.29**	0.5639ns	0.001ns	375.72ns	0.159ns
الگوی کاشت Planting pattern	3	5.351ns	3130.51**	0.6557**	30.533ns	1489.28**	2.452**
گرد و خاک× الگوی کاشت Dust × planting pattern	3	0.433ns	7.34ns	0.0392ns	3.062ns	24.98ns	0.247ns
خطای آزمایشی Error	24	3.164	114.21	0.1532	14.817	255.86	0.222
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	18.11	11.54	20.11	9.27	15.93	18.81

ns، ** و *: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.

با اعمال ۶۰ گرم گرد و خاک ارتفاع بوته ماش ۱۹/۳ درصد کاهش یافت (جدول ۷). گرد و خاک از طریق بسته شدن روزنه‌ها، افزایش دمای برگ، کاهش تبادلات گازی، کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاهش سرعت فتوسنتز باعث کاهش رشد و ارتفاع گیاه ماش شده است که با نتایج آزمایش فعله‌کری و همکاران (Felegari *et al.*, 2017) مبنی بر کاهش ارتفاع بوته نخود تحت شرایط گرد و غبار مطابقت دارد. آدو و همکاران (Addo *et al.*, 2013) گزارش کردند که ریزگردها باعث کاهش ارتفاع بوته لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) می‌شوند. به‌علاوه، ریزگردها ممکن است حاوی فلزات سنگین باشند که از این طریق باعث کاهش رشد و ارتفاع گیاه می‌شوند. شانکر و همکاران (Shanker *et al.*, 2005) گزارش کردند، زمانی که فلزات سنگین به اندام‌های هوایی گیاه منتقل می‌شوند، سبب اختلال در متابولیسم سلول

و کاهش ارتفاع بوته می‌شوند. همچنین چائورسیا و کاران (Chaurasia & Karan, 2015) با بررسی اثر گرد و غبار حاصل از کارخانه سنگ‌شکنی در هند، گزارش کردند که طول ساقه و ارتفاع گیاه گندم تحت تأثیر گرد و خاک کاهش می‌یابد. در واقع، ذرات گرد و غبار با نشست بر سطح برگ با کاهش جذب نور کارایی فتوسنتز را کاهش داده و در نتیجه، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و ماده خشک تجمعی و رشد رویشی و زایشی گیاه را محدود می‌کند. ساختار تاج‌پوشش گیاه زراعی و علف‌هرز، به‌ویژه ارتفاع بوته در قابلیت رقابتی آن‌ها نقش مهمی دارد. الگوهای مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع علف‌هرز سلمه‌تره نداشتند، ارتفاع سلمه‌تره نسبت به گیاه ماش بیشتر بود، معمولاً گیاهی که ارتفاع بالاتری دارد، قابلیت رقابتی زیادی داشته و ارتفاع آن تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار نمی‌گیرد. همچنین، ارتفاع بوته ماش تحت تأثیر رقابت سلمه‌تره قرار نگرفت. به نظر می‌رسد که علف‌هرز سلمه‌تره به‌دلیل داشتن ارتفاع بلندتر و سایه‌اندازی روی ماش، باعث کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور شده و تحریک افزایش طول ساقه شده و در نتیجه، از کاهش ارتفاع ماش تحت شرایط رقابت با سلمه‌تره جلوگیری کرده است. به‌علاوه با افزایش سایه‌اندازی و کاهش جذب نور مستقیم توسط ماش، باعث افزایش مقدار هورمون اکسین در ساقه ماش شده و در نتیجه، ارتفاع بوته ماش تا حدودی افزایش یافته است (Agegnehu *et al.*, 2006). شارتلف و کوبل (Shurtleff & Coble, 1985) گزارش کردند که شدت رقابت علف‌هرز می‌تواند در تعیین کاهش یا افزایش ارتفاع گیاه زراعی مؤثر باشد؛ به‌طوری‌که رقابت کمتر باعث کاهش ارتفاع و رقابت شدید باعث افزایش ارتفاع بوته می‌شود. این محققان افزایش ارتفاع بوته سویا (*Glycine max*) را تحت شرایط رقابت با علف‌هرز تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) گزارش کردند که دلیل افزایش ارتفاع سویا را در شرایط رقابت جهت دریافت نور و فضای بیشتر و مناسب‌تر مرتبط دانستند.

بیشترین قطر ساقه ماش (۲/۳ میلی‌متر) در کشت خالص ماش مشاهده که با الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره تفاوت معنی‌داری نداشت و رقابت سلمه‌تره باعث کاهش قطر ساقه ماش گردید (جدول ۷). بیشترین قطر ساقه سلمه‌تره (۳/۱۵ میلی‌متر) در الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره به‌دست آمد (جدول ۷). قطر ساقه جزء خصوصیاتی است که با وضعیت رشد و انتقال مواد فتوسنتزی به ساقه ارتباط مستقیم دارد. احتمالاً افزایش نسبت علف‌هرز سلمه‌تره با ماش سبب تشدید رقابت بین گیاهان برای جذب آب و عناصر غذایی می‌شود و در این میان نیز قطر ساقه ماش تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد. در الگوهای کاشت، رقابت درون گونه‌ای برای علف‌هرز سلمه‌تره کاهش یافته و مواد فتوسنتزی بیشتری در اختیار بوته‌های سلمه‌تره در کشت مخلوط قرار گرفته و در نتیجه، قطر سلمه‌تره افزایش یافته است. پوریوسف و همکاران (Pouryousef *et al.*, 2009) با بررسی تداخل علف‌هرز سلمه‌تره در دو الگوی کاشت ذرت (*Zea mays*) گزارش کردند که علف‌هرز سلمه‌تره باعث کاهش رشد گیاه ذرت (قطر ساقه و طول خوشه) گردید.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات گرد و خاک و الگوی کاشت بر تعداد غلاف در بوته ماش در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۸). تعداد غلاف در شرایط گرد و خاک ۱۴/۸ درصد کمتر از شرایط بدون گرد و خاک بود. بیشترین تعداد غلاف در بوته (۳/۶ غلاف در بوته) در کشت خالص ماش مشاهده شد و بین سایر الگوهای کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷).

گرد و خاک با کاهش سرعت فتوسنتز باعث کاهش مواد فتوسنتزی و در نتیجه، کاهش تعداد غلاف در بوته ماش شده است. کاهش تعداد غلاف در بوته ماش در الگوهای کاشت با سلمه‌تره را می‌توان به رقابت شدید بین ماش و سلمه‌تره نسبت داد؛ علف‌هرز سلمه‌تره با تسخیر فضای بیشتر در ابتدای فصل رشد موجب کاهش جذب آب و عناصر غذایی در دسترس گیاه ماش شده، که این مسئله سبب کاهش تعداد غلاف در بوته ماش شده است. افزایش نسبت سلمه‌تره با افزایش سایه‌اندازی بر گیاه ماش، باعث شده گیاه ماش انرژی خود را بیشتر صرف رشد رویشی مانند ارتفاع بوته نماید و در نتیجه، ماده فتوسنتزی کمتری برای تشکیل غلاف و تشکیل دانه در غلاف باقی می‌ماند. به نظر می‌رسد در کشت خالص ماش این گیاه از عوامل محیطی به نحو مطلوبی استفاده کرده و در نتیجه، حداکثر تعداد غلاف در کشت خالص ماش تولید شده است. به‌طور کلی، علف‌هرز و گرد و خاک با کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته باعث کاهش عملکرد ماش شده است.

اثرات گرد و خاک، الگوی کاشت و اثرات متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی ماش در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. شاخص برداشت ماش تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. وزن گل‌آذین و عملکرد بیولوژیکی سلمه‌تره فقط تحت تأثیر الگوی کاشت در سطح یک درصد قرار گرفتند (جدول ۸).

جدول ۷- اثرات الگوهای مختلف کشت مخلوط و گرد و خاک بر صفات زراعی ماش و سلمه‌تره

Table 7- Effect of different planting patterns and dust on agronomic traits in mungbean and lambsquarters

گرد و خاک Dust	ماش Mungbean			سلمه‌تره (میلی‌متر) Lambsquarters
	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	قطر ساقه Stem diameter (mm)
بدون گرد و خاک No dust	10.87[a]*	2.08[a]	3.15[a]	2.42[a]
با گرد و خاک With dust	8.77[b]	1.81[a]	2.68[b]	2.44[a]
الگوی کاشت Planting pattern				
۱۰۰ درصد ماش + ۰ درصد سلمه‌تره 100% Mungbean + 0% lambsquarters	10.92[a]	2.33[a]	3.63[a]	-
۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره 75% Mungbean + 25% lambsquarters	9.96[a]	1.98[ab]	3.17[b]	3.15[a]
۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره 50% Mungbean + 50% lambsquarters	9.28[a]	1.80[b]	2.50[b]	2.78[a]
۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره 25% Mungbean + 75% lambsquarters	9.13[a]	1.68[b]	2.37[b]	2.11[b]
۰ درصد ماش + ۱۰۰ درصد سلمه‌تره 0% Mungbean + 100% lambsquarters	-	-	-	1.98[b]

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan' s multiple range test (*P<0.05*).

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات الگوهای مختلف کشت مخلوط و گرد و خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش و سلمه‌تره

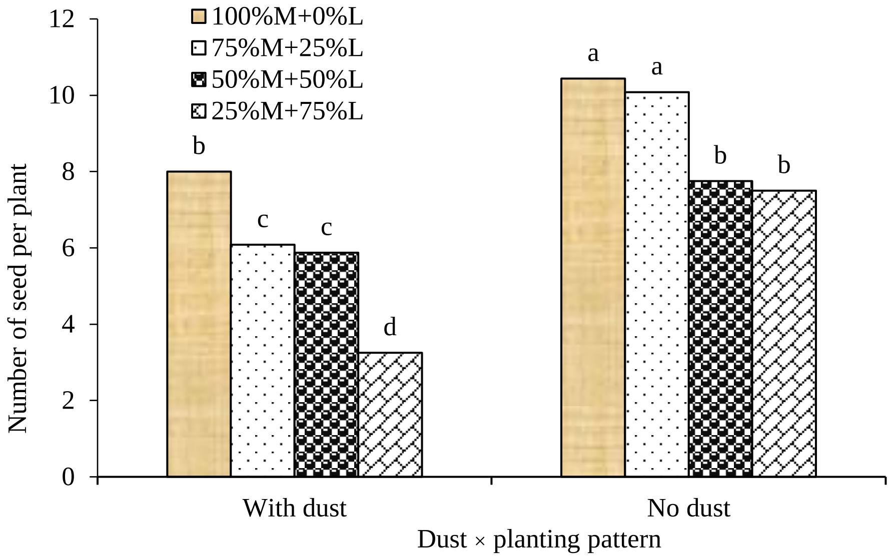
Table 8- Analysis of variance (mean of squares) of the effect of different planting patterns and soil dust on yield and yield components in mungbean and lambsquarters

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ماش Mungbean					سلمه‌تره Lambsquarters	
		تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	وزن گل‌آذین Inflorescence weight
گرد و خاک Dust	1	1.757**	78.911**	8.499**	0.515**	14.01[ns]	0.0274[ns]	0.096[ns]
الگوی کاشت Planting pattern	3	2.750**	21.913**	34.434**	2.8667**	6.44[ns]	37.556**	6.066**
گرد و خاک × الگوی کاشت Dust × planting pattern	3	0.341[ns]	2.711**	0.393*	0.035**	2.39[ns]	0.016[ns]	0.045[ns]
خطای آزمایشی Error	24	0.221	0.715	0.124	0.006	4.64	0.340	0.092
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	16.13	11.47	10.36	8.53	7.81	11.64	14.92

ns، ** و *: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد.

ns, ** and *: are non-significant, significant at *p≤0.01* and *p≤0.05*, respectively

بیشترین تعداد دانه در بوته (۱۰ دانه در بوته) در کشت خالص ماش و الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره تحت شرایط عدم گرد و خاک مشاهده گردید که در مقایسه با گرد و خاک به‌ترتیب به‌میزان ۳۰/۵ و ۶۵/۸ درصد بیشتر بود. کمترین تعداد دانه در بوته (۳/۳) در الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره حاصل گردید (شکل ۱).



شکل ۱- تأثیر گرد و خاک بر تعداد دانه در بوته ماش در الگوهای مختلف کشت

Fig. 1- The effect of soil dust on number of seed per plant in mungbean in different planting patterns (M: mungbean and L: lambsquarters)

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

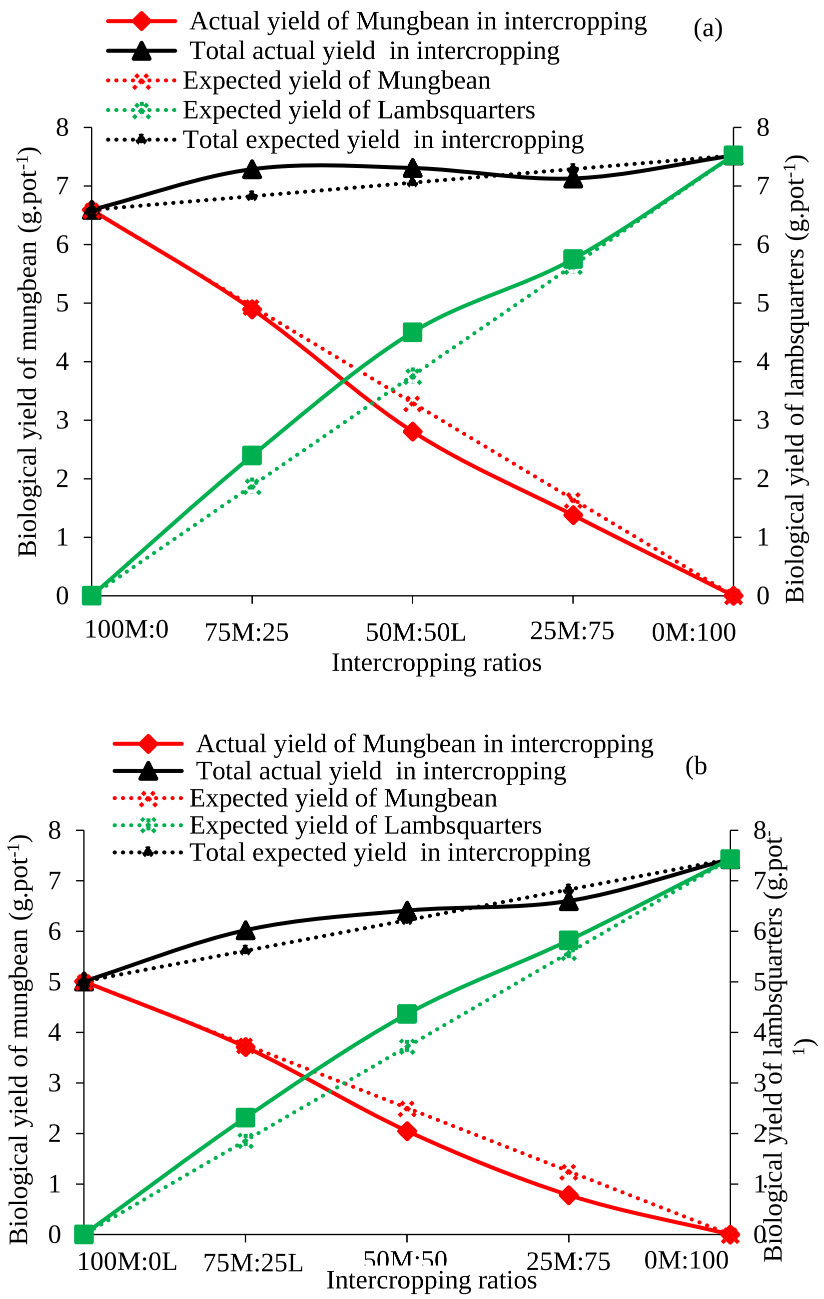
Means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan' s multiple range test (*P<0.05*).

رسوب گرد و خاک بر گیاه ماش موجب کاهش تبادلات گازی و کاهش سرعت فتوسنتز شده که در نتیجه آن اجزای عملکرد دانه ماش مانند تعداد دانه در بوته ماش کاهش یافته است. بر اساس گزارش فعله‌کری و همکاران (Felegari *et al*., 2017)، بیشترین تعداد دانه در بوته نخود (۱۲ دانه در بوته) تحت شرایط عدم گرد و خاک به‌دست آمد و با اعمال ریزگردها در مرحله رشد رویشی تعداد دانه در بوته نخود به هشت دانه کاهش پیدا کرد. هیرانو و همکاران (Hirano *et al*., 1995) گزارش کردند رسوب گرد و خاک بر گیاهان باسایه‌اندازی میزان نور دریافتی توسط گیاه را کاهش می‌دهد.

در این پژوهش نیز با افزایش نسبت علف‌هرز سلمه‌تره و سایه‌اندازی بر بوته‌های ماش، کاهش تعداد دانه در بوته ماش منطقی به نظر می‌رسد. احتمالاً رقابت سلمه‌تره به‌ویژه تحت شرایط گرد و خاک موجب کاهش بیشتر اجزای عملکرد دانه ماش مانند تعداد دانه در بوته شده است. تحت شرایط گرد و خاک به‌دلیل عدم تأثیر گرد و خاک بر علف‌هرز سلمه‌تره، در نتیجه سلمه‌تره با افزایش رشد بیشتر و تاج‌پوشش بزرگ‌تر باعث رقابت شدید با بوته‌های ماش شده و عملکرد آن‌ها را از طریق کاهش اجزای عملکرد دانه مانند تعداد دانه در بوته کاهش داده است. در همین راستا، قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al*., 2020) گزارش کردند که تعداد دانه در غلاف بوته لوبیا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر گرد و غبار و علف‌هرز کاهش یافته است.

با اعمال ۶۰ گرم بر مترمکعب ریزگرد عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه ماش به‌ترتیب ۲۴ و ۲۳/۲ درصد کاهش یافتند. گرد و خاک تأثیری بر وزن گل‌آذین سلمه‌تره نداشت (شکل‌های ۲ و ۳ الف و ب). تحت هر دو شرایط گرد و خاک در همه الگوهای کشت مخلوط، عملکرد بیولوژیکی واقعی ماش کمتر از عملکرد بیولوژیکی مورد انتظار بود و منحنی تغییرات عملکرد بیولوژیکی ماش به‌صورت مقعر بود. تحت شرایط گرد و خاک عملکرد بیولوژیکی واقعی ماش در الگوهای کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره، ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره و ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره به‌ترتیب ۱، ۱۴/۹ و ۱۶/۴ درصد کمتر از عملکرد مورد انتظار ماش بود؛ که تحت شرایط گرد و خاک این میزان کاهش به‌ترتیب ۱/۳، ۱۸/۲ و ۳۷/۷ درصد بود. تحت هر دو شرایط گرد و خاک عملکرد بیولوژیکی واقعی سلمه‌تره در الگوهای کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره و ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره بیشتر از عملکرد مورد انتظار سلمه‌تره بود و منحنی به‌صورت محدب بود. میزان افزایش عملکرد بیولوژیکی واقعی سلمه‌تره در الگوهای کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره و ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره تحت شرایط بدون گرد و

خاک به‌ترتیب ۲۷/۲ و ۱۹/۷ درصد و تحت شرایط گرد و خاک به‌ترتیب ۲۴/۵ و ۱۷/۴ درصد بیشتر از عملکرد مورد انتظار بود. مجموع عملکرد هر دو گیاه در الگوهای کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره و ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره بیشتر از عملکرد مورد انتظار بود و منحنی به‌صورت محدب و نشان‌دهنده روابط زیانبری یک‌جانبه برای ماش است؛ امّا در الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره مجموع عملکرد کمتر از عملکرد مورد انتظار و نشان‌دهنده روابط بازدارندگی دوجانبه برای هر دو گیاه است (شکل ۲ الف و ب).



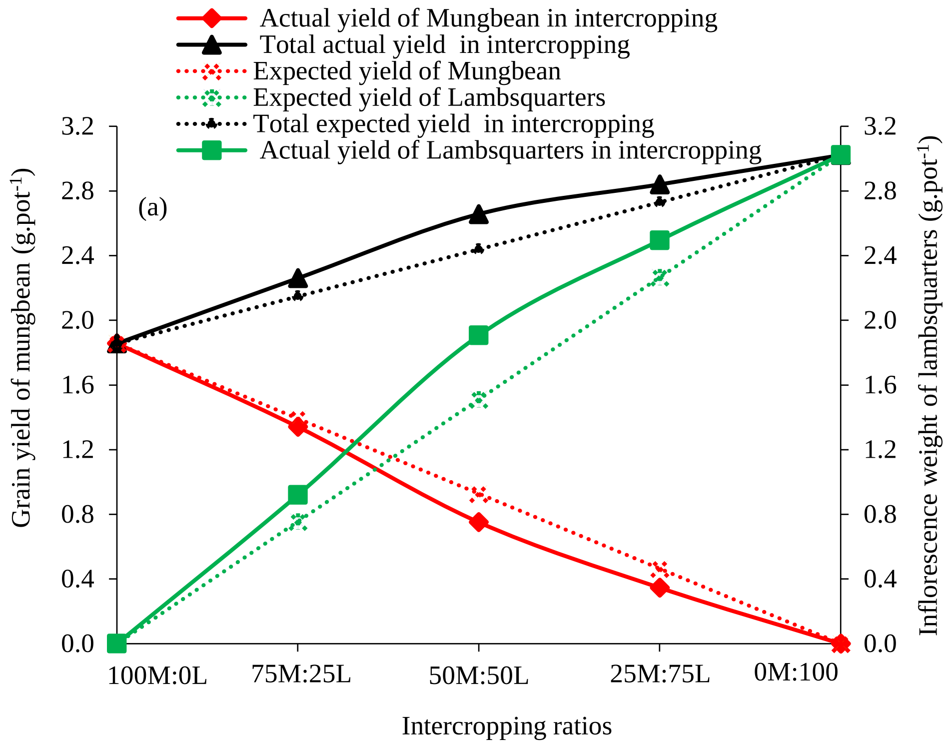
شکل ۲- عملکرد بیولوژیکی واقعی و مورد انتظار ماش و سلمه‌تره در الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی تحت شرایط بدون گرد و خاک (الف) و با گرد و خاک (ب)

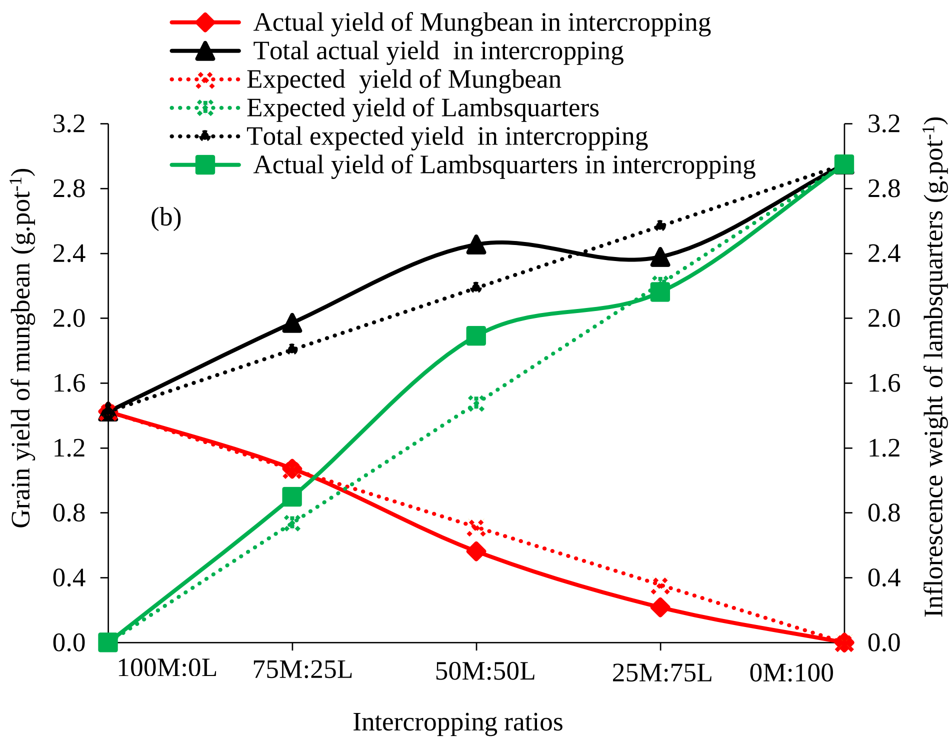
Fig. 2- Actual and expected biological yield of mungbean (M) and lambsquarters (L) in different replacement planting patterns under conditions of without t (a) and with soil dust (b)

تحت شرایط بدون گرد و خاک عملکرد دانه واقعی ماش در الگوهای کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره، ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره و ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره به‌ترتیب ۳/۷، ۱۹/۱ و ۲۵/۵ درصد کمتر از عملکرد مورد انتظار شده بود و منحنی آن به‌صورت معقر بود. تحت شرایط گرد و خاک نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد و عملکرد واقعی دانه ماش به‌ترتیب ۱، ۲۱ و ۳۸/۹ درصد کمتر از عملکرد مورد انتظار در الگوهای کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره، ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره و ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره بود. در شرایط بدون گرد و خاک وزن گل‌آذین سلمه‌تره در همه الگوهای کاشت بیشتر از عملکرد مورد انتظار و منحی آن به‌صورت محدب بود، امّا تحت شرایط گرد و خاک در الگوهای کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره، ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره وزن گل‌آذین سلمه‌تره بیشتر از عملکرد مورد انتظار و در نسبت کاشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره کمتر از مورد انتظار شده بود. در الگوهای کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره و ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره حالت زیانبری یک‌جانبه برای ماش و در الگوی ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره، زیانبری دوجانبه برای هر دو گیاه مشاهده شده است (شکل ۳ الف و ب).

عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه ماش تحت شرایط گرد و خاک به‌مقدار بیشتری کاهش یافته است. علف‌هرز سلمه‌تره تحت تأثیر گرد و خاک قرار نگرفته و قدرت رقابتی آن تحت شرایط گرد و خاک بیشتر بوده و باعث افت عملکرد بیشتر ماش تحت شرایط گرد و خاک شده است. گرد و خاک، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه ماش را کاهش داد که با مطالعات قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2020) در خصوص تأثیر ریزگردها بر بسته شدن روزنه‌ها، کاهش سرعت فتوسنتز و در نتیجه، کاهش عملکرد گیاه مطابقت دارد. فعله‌کری و همکاران (Felegari *et al.*, 2017) با اعمال پنج گرم در مترمربع ریزگردها در مراحل رشد رویشی، غلاف‌دهی و پر شدن غلاف در گیاه نخود گزارش کردند عملکرد دانه نخود به‌ترتیب ۳۸، ۲۸ و ۲۷ درصد کاهش می‌یابد که بیشترین کاهش عملکرد دانه مربوط به اعمال ریزگردها در مرحله رشد رویشی بود. صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2021) با بررسی اثرات ریزگردها بر خصوصیات فیزیولوژی گیاه سویا مشاهده کردند که ریزگردها به‌علت مومی بودن برگ سویا به سیستم فتوسنتزی گیاه آسیب جدی وارد نکردند و بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، مقدار رطوبت نسبی برگ و عملکرد دانه سویا تأثیر معنی‌داری نداشتند که مطابق با نتایج این پژوهش در مورد تأثیر ریزگردها بر علف‌هرز سلمه‌تره است.

عملکرد بیولوژیکی تولید شده توسط هر یک از گونه‌ها می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای سنجش توانایی گیاهان در بهره‌برداری از منابع یا قابلیت رقابت با گونه‌های رقیب به‌شمار رود (Grace, 1995). همچنین از آنجا که تشعشع به‌میزان بالایی تعیین‌کننده توازن انرژی گیاهان است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فتوسنتز عامل اصلی تولید زیست‌توده گیاهی است (Ghasemi *et al.*, 2020). نتایج نشان داد که عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه ماش به‌موازات افزایش نسبت علف‌هرز سلمه‌تره کاهش یافته است. این امر به‌دلیل افزایش رقابت بین‌گونه‌ای سلمه‌تره و ماش است. در مقابل، با افزایش نسبت ماش بر عملکرد سلمه‌تره افزوده شد و این امر بیانگر تأثیر بیشتر رقابت درون گونه‌ای سلمه‌تره است. رقابت شدید بوته‌های سلمه‌تره با ماش موجب کاهش عملکرد ماش گردید. علت این امر را می‌توان به اندازهٔ بزرگ‌تر بوته سلمه‌تره، ارتفاع بیشتر، تاج‌پوشش بزرگ‌تر و ریشه حجیم‌تر سلمه‌تره و یا خصوصیت آللوپاتیک این علف‌هرز دانست که توانسته منابع بیشتری تسخیر کند و در نتیجه، بهره‌برداری از منابع محیطی توسط ماش کاهش یافته و نیچ اکولوژی این گیاه باریک‌تر شده است. همچنین بسیاری از علف‌های‌هرز از جمله سلمه‌تره مصرف کننده لوکس عناصر غذایی هستند و با جذب بیشتر عناصر غذایی موجب افت عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند. این پژوهش نیز گویای توان رقابتی برتر علف‌هرز سلمه‌تره نسبت به ماش در تسخیر منابع است. سایر محققان نیز کاهش عملکرد گیاهان زراعی تحت شرایط رقابت با علف‌هرز سلمه‌تره را نیز گزارش داده‌اند (Mirshekari, 2013). علف‌هرز سلمه‌تره در الگوهای کشت مخلوط با استفاده حداکثری از فضای درون گلدان بر ماش در رقابت بر سر جذب آب و عناصر غذایی غالبیت پیدا کرده، رشد بیشتری داشته و ماده خشک بیشتری نیز تولید کرده است؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که سلمه‌تره بیشتر تحت تأثیر رقابت درون گونه‌ای قرار گرفته است تا رقابت بین گونه‌ای. به‌طور کلی، به نظر می‌رسد که سلمه‌تره با داشتن صفاتی مانند ماده خشک و سطح برگ بالاتر در مقایسه با ماش رقیب قوی‌تری محسوب می‌شود.





شکل ۳- عملکرد واقعی و مورد انتظار دانه ماش و وزن گل‌آذین سلمه‌تره در الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی تحت شرایط بدون گرد و خاک (الف) و با گرد و خاک (ب)

Fig. 3- Actual and expected grain yield of mungbean (M) and inflorescence weight lambsquarters (L) in different replacement planting patterns under conditions of without (a) and with soil dust (b)

رقابت سلمه‌تره باعث کاهش بیشتر عملکرد ماش تحت شرایط گرد و خاک گردید و این امر بیان کننده این موضوع است که گرد و خاک باعث تشدید اثر رقابت بین بوته‌های ماش و سلمه‌تره شده است و اثر رقابت بین‌گونه‌ای بیشتر از رقابت درون گونه‌ای بوده است. به نظر می‌رسد که در سری‌های جایگزینی، رقابت بین‌گونه‌ای سلمه‌تره با ماش نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای ماش بیشتر بوده است و فضای کمتری برای رشد ماش فراهم شده است؛ در نتیجه عملکرد ماش کاهش یافته و روابط زیانبری یک‌جانبه بین ماش و سلمه‌تره مشاهده می‌شود.

شاخص برداشت معرف تسهیم مواد فتوسنتزی تخصیص یافته به دانه است و به‌صورت نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی تعریف می‌شود. در این پژوهش، شاخص برداشت ماش تحت تأثیر گرد و خاک و رقابت سلمه‌تره قرار نگرفت که می‌توان نتیجه گرفت که میزان کاهش عکملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی تحت شرایط گرد و خاک و رقابت یکسان بوده است در نتیجه شاخص برداشت تغییری نکرده است.

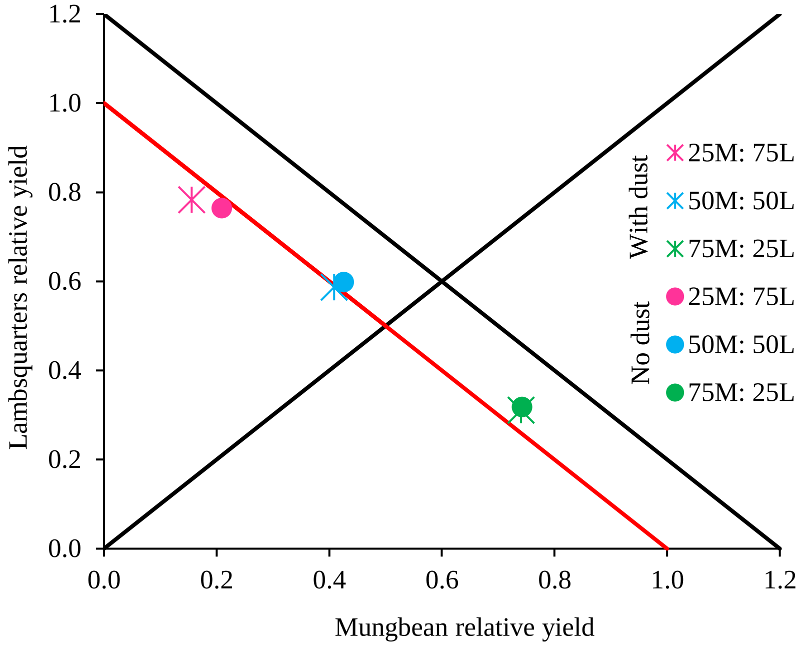
عملکرد نسبی

تحت هر دو شرایط گرد و خاک عملکرد نسبی کل در همه الگوهای کاشت تقریباً یک و کمتر از یک به‌دست آمد؛ که این امر نشان‌دهنده رقابت شدید علف‌هرز سلمه‌تره با ماش در جذب عناصر غذایی و آب است. عملکرد نسبی علف‌هرز سلمه‌تره در الگوهای کاشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره و ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره در مقایسه با عملکرد نسبی ماش بیشتر بود و این گیاه در رقابت با ماش بهتر عمل کرده است. با افزایش تراکم ماش در الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره، از میزان عملکرد نسبی علف‌هرز سلمه‌تره کاسته شد (شکل ۴). شکل ۵ همچنین به‌خوبی برتری و غالبیت بیشتر علف‌هرز سلمه‌تره در الگوهای کاشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره و ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره را نشان می‌دهد که اشکال در بالای خط مورب قرار گرفته‌اند. همچنین با توجه به قرار گرفتن اشکال مربوط به الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره در پایین خط عمود بر خط مورب تحت هر دو شرایط گرد و خاک می‌توان به غالبیت ماش در مقابل سلمه‌تره در این الگوی کاشت پی برد (شکل ۴).

اگرچه عملکرد نسبی به‌صورت مستقیم معیار تعیین‌کننده وضعیت رقابت در سیستم‌های چندکشتی نیست، امّا با توجه به آنکه به‌صورت غیرمستقیم شاخصی از تأثیر رقابت بر عملکرد هر یک از گیاهان در سیستم‌های چندکشتی و نیز عملکرد نهایی سیستم‌های چندکشتی است، بنابراین می‌توان آن را شاخصی از وضعیت رقابت در سیستم‌های چندکشتی در نظر گرفت (Gliessman, 1990). در این پژوهش مشاهده شد که علف‌هرز سلمه‌تره در مقایسه با ماش عملکرد نسبی بهتری دارد و عملکرد نسبی کل هم در حدود یک و پایین‌تر از یک بود. می‌توان نتیجه گرفت که افزایش سهم سلمه‌تره در الگوهای کاشت و سایه‌اندازی بیشتر آن باعث شد تا ماش با افت عملکرد زیادی مواجه گردد. به‌طور کلی دلیل افزایش عملکرد نسبی سلمه‌تره، رقابت بین‌گونه‌ای کمتر آن نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای آن است و قدرت رقابتی بیشتر آن در مقایسه با ماش است. سلمه‌تره علف‌هرزی است که با سامانه ریشه‌ای گسترده و قوی‌تر از ماش با کارایی زیادی از عناصر استفاده کرده است و گیاه ماش نتوانسته از منابع بهره بیشتری ببرد و بنابراین، عملکرد نسبی آن کمتر از سلمه‌تره بوده است. می‌توان چنین استنباط کرد که در الگوهای کشت مخلوط، سلمه‌تره گیاه غالب بوده است.

شاخص‌های رقابتی

ضریب تراکم نسبی تحت هر دو شرایط گرد و خاک در الگوهای مختلف کاشت برای علف‌هرز سلمه‌تره بیشتر از یک به‌دست آمد، که نشان‌دهنده برتری قدرت رقابتی سلمه‌تره در مقایسه با ماش است. پایین بودن ضریب تراکم نسبی در ماش بیانگر ضعیف بودن قدرت رقابتی ماش در مقایسه با سلمه‌تره است (جدول ۹). ضریب نسبی تراکم معرف قدرت رقابتی بین‌گونه‌ای است که به‌صورت مخلوط کشت می‌شوند و معرف یکسان نبودن رقابت بین‌گونه‌ای با رقابت درون گونه‌ای است. در گیاهی که مقدار ضریب نسبی تراکم بیشتر از یک باشد، معرف آن است که این گونه در رقابت بسیار قوی‌تر است. اگر این شاخص مساوی یک باشد نشان‌دهنده رقابت یکسان گونه‌های گیاهی است. هرگاه این معیار کمتر از یک به‌دست آید، بیانگر قدرت رقابتی پایین آن گونه است (Banik *et al.*, 2006). در این پژوهش، مقایسه ضریب تراکم نسبی ماش و سلمه‌تره نشان داد که سلمه‌تره رقابت‌کننده قوی‌تری در مقایسه با ماش است و از منابع محیطی با کارایی بیشتری استفاده و باعث افت عملکرد ماش شده است.



شکل ۴- عملکرد نسبی در الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی ماش و سلمه‌تره تحت تأثیر گرد و خاک

Fig. 4- The relative yield of mungbean (M) and lambsquarters (L) in different replacement planting patterns under with and without soil dust conditions

بر اساس اینکه شاخص غالبیت با علامت منفی معرف مغلوب بودن گونه و با ضریب مثبت نشان‌دهنده غالب بودن گونه است (Yilmaz *et al.*, 2008)؛ بنابراین بر اساس داده‌های جدول ۹ مشاهده می‌شود تحت هر دو شرایط گرد و خاک در الگوهای ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره و ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره، علف‌هرز سلمه‌تره دارای ضریب مثبت و غالب است و این امر نشان‌دهنده توانایی بیشتر سلمه‌تره در مقایسه با ماش است. درصورتی‌که در الگوی کاشت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره، گیاه ماش دارای ضریب مثبت و غالبیت بیشتری در مقایسه با علف‌هرز سلمه‌تره دارد (جدول ۹). شاخص غالبیت سلمه‌تره در الگوهای ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره و ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره تحت شرایط گرد و خاک بیشتر از شرایط بدون گرد و خاک است که نشان می‌دهد تحت شرایط تنش‌های محیطی از جمله گرد و خاک علف‌هرز سلمه‌تره مقاومت بیشتری نسبت به گیاه زراعی ماش دارد و از قدرت رقابتی بیشتری برخوردار است. رشد بیشتر سلمه‌تره و استفاده بیشتر از منابع رشد توسط سلمه‌تره باعث غالبیت بیشتر سلمه‌تره شده است. بانیک و همکاران (Banik *et al.*, 2006) در کشت مخلوط خردل و بقولات گزارش دادند که گیاه خردل در همه الگوهای کشت با داشتن ارتفاع بلندتر و تاج‌پوشش بیشتر، از شاخص غالبیت بیشتری در مقایسه با دال‌عدس برخوردار بوده و گیاه غالب بود. بررسی شاخص غالبیت در این تحقیق نشان داد که سلمه‌تره تحت تأثیر رقابت درون گونه‌ای قرار گرفته و ماش بیشتر تحت تأثیر رقابت بین گونه‌ای قرار داشته است.

ارزیابی نسبت رقابت تحت هر دو شرایط گرد و خاک نشان داد که علف‌هرز سلمه‌تره در الگوهای مختلف کاشت میزان نسبت رقابتی آن بیشتر از یک است و از بیشترین نسبت رقابت با ماش برخوردار است (جدول ۹). علف‌هرز سلمه‌تره توانایی رقابتی بیشتری در مقایسه با ماش دارد؛ این مسئله احتمالاً به‌علت رشد بیشتر سلمه‌تره در مقایسه با ماش است. در واقع، ارتفاع کمتر ماش و اشغال فضای بیشتر توسط سلمه‌تره باعث رشد ضعیف ماش و در نتیجه، مغلوب شدن گیاه ماش شده است. نسبت رقابت، پارامتر بهتری جهت بررسی قدرت رقابتی اجزای سیستم چندکشتی است و در مقایسه با معیارهای دیگر مانند شاخص غالبیت و ضریب نسبی تراکم قابلیت بیشتری در بررسی رقابت در سیستم چندکشتی دارد. مقدار نسبت رقابت پایین‌تر از یک برای یک گونه در سیستم چندکشتی بدین معنی است که اثرات رقابتی آن گونه کمتر است و به‌عنوان یک گیاه همراه مناسب برای کشت مخلوط

معرفی می‌شود (Mead & Willey, 1980). مقادیر شاخص رقابت کوچک‌تر از یک برای یک جزء در مخلوط، بدین معنی است که آن جزء اثرات رقابتی کمتری دارد و به‌عنوان یک گیاه مطلوب برای کشت مخلوط تلقی می‌گردد (Dhima *et al.*, 2007).

جدول ۹- شاخص‌های رقابتی در الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی ماش و سلمه‌تره تحت تأثیر گرد و خاک

Table 9- The competitive indices of mungbean and lambsquarters in different replacement planting patterns under soil dust conditions

گرد و خاک Dust	الگوی کاشت Planting pattern	ضریب تراکم نسبی Relative crowding coefficient		شاخص غالبیت Aggresivity		نسبت رقابت Competitive ratio	
		ماش Mungbean	سلمه‌تره Lambsquarters	ماش Mungbean	سلمه‌تره Lambsquarters	ماش Mungbean	سلمه‌تره Lambsquarters
بدون گرد و خاک No dust	۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره 75% Mungbean + 25% lambsquarters	0.961	1.399	2.546	-2.546	0.778	1.285
	۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره 50% Mungbean + 50% lambsquarters	0.741	1.491	-0.346	0.346	0.711	1.406
	۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره 25% Mungbean + 75% lambsquarters	0.793	1.082	-0.741	0.741	0.820	1.219
با گرد و خاک With dust	۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد سلمه‌تره 75% Mungbean + 25% lambsquarters	0.951	1.355	2.547	-2.547	0.793	1.261
	۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد سلمه‌تره 50% Mungbean + 50% lambsquarters	0.692	1.421	-0.356	0.356	0.697	1.436
	۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره 25% Mungbean + 75% lambsquarters	0.553	1.205	-2.926	2.926	0.596	1.678

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از صفات مورفو-فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده در گیاه ماش تحت شرایط رقابت با سلمه‌تره و گرد و خاک انجام گرفت. نتایج نشان داد که مقدار شاخص KMO[1] حدود ۰/۷۲۲ و معنی‌داری بودن آزمون کرویت بارتلت بیانگر مناسب بودن تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی داده‌ها می‌باشند. با توجه نتایج ملاحظه گردید که سه مؤلفه اصلی دارای مقادیر ویژه بیشتر از یک بودند که در مجموع ۷۵/۲ درصد از کل واریانس را بیان کردند (جدول ۱۰). مؤلفه اول ۵۲/۱ درصد از کل تغییرات را در برگرفت و بیشترین سهم را در تبیین واریانس کل داشت. صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، تعداد دانه در بوته و سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، سطح برگ، تعداد غلاف در بوته، قطر و ارتفاع ساقه بیشترین ضریب تبیین مثبت را با مؤلفه اصلی داشتند و صفت غلظت دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه‌ای بیشترین ضریب منفی را داشت؛ بنابراین می‌توان این مؤلفه را به‌عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد ماش معرفی نمود. مؤلفه اصلی دوم ۱۴/۲ درصد از تغییرات کل واریانس را توجیه نمود. صفات کلروفیل ضریب تبیین بالایی با این مؤلفه داشتند. این مؤلفه را می‌توان مؤلفه رنگیزه‌های فتوسنتزی معرفی کرد. ۸/۹ درصد از تغییرات کل نیز توسط مؤلفه سوم توجیه شد که شاخص برداشت بیشترین ضریب تبیین را در این مؤلفه داشت و این مؤلفه نشان‌دهنده تسهیم ماده خشک به دانه‌ها است (جدول ۱۰).

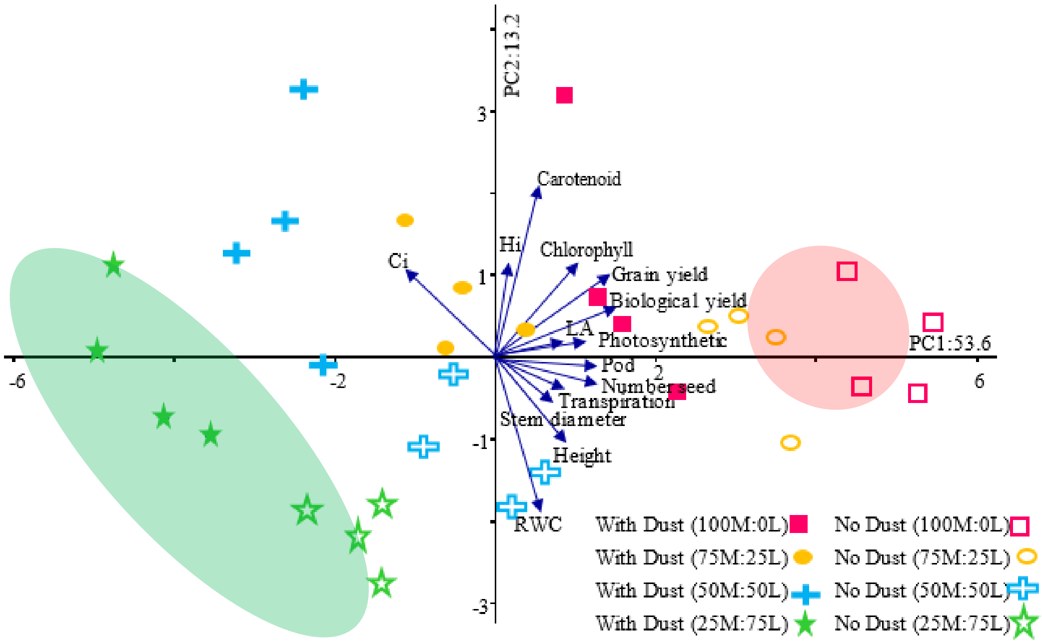
شکل ۵، پراکنش بوته‌های ماش تحت شرایط رقابت و گرد و خاک را بر اساس مؤلفه اول و دوم نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، مشخص شد که بوته‌های ماش در کشت خالص تحت شرایط بدون گرد و خاک بیشترین مقدار خصوصیات فتوسنتزی مانند سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و تولید ماده خشک را به خود اختصاص دادند. الگوی کاشت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد سلمه‌تره تحت شرایط گرد و خاک با سرعت فتوسنتز و رنگیزه‌های فتوسنتزی پایین و غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای زیاد کمترین مقدار عملکرد را به خود اختصاص داد (شکل ۵).

1- Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy

جدول ۱۰- مقادیر ویژه برای صفات ارزیابی شده با استفاده از رویه آماری تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

Table 10- Eigenvalues for the traits evaluated using principal component analysis

صفات Traits	مؤلفه اول Component 1	مؤلفه دوم Component 2	مؤلفه سوم Component 3
عملکرد دانه Grain yield	0.942	0.239	0.108
عملکرد بیولوژیکی Biological yield	0.954	0.201	0.031
تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	0.881	-0.188	-0.236
سرعت فتوسنتز Photosynthetic rate	0.737	0.055	-0.449
سرعت تعرق Transpiration rate	0.646	-0.137	0.101
سطح برگ Leaf area	0.852	0.138	0.034
غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای Intercellular CO_2 concentration	-0.757	0.397	0.225
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	0.790	-0.058	-0.085
کاروتنوئیدها Carotenoid	0.386	0.777	-0.030
کلروفیل Chlorophyll	0.834	0.372	-0.059
مقدار رطوبت نسبی برگ Relative water content	0.358	-0.694	0.315
قطر ساقه Stem diameter	0.686	-0.391	0.427
ارتفاع بوته Plant height	0.614	-0.390	0.294
شاخص برداشت Harvest index	0.115	0.372	0.059
مقادیر ویژه Eigenvalues	7.298	1.985	1.240
درصد از واریانس Percent of variance	52.125	14.182	8.858
واریانس تجمعی Cumulative of variance (%)	52.125	66.307	75.165



شکل ۵- پراکنش الگوهای مختلف کشت ماش تحت شرایط گرد و خاک بر اساس دو مؤلفه اول و دوم

Fig. 5- Distribution of different replacement planting patterns of mungbean under conditions of soil dust on the basis of the first and the second main components (M: mungbean and L: lambsquarters)

نتیجه‌گیری

گرد و خاک یکی از شاخص‌های عمده آلوده‌کننده هوا در مناطق خشک است. نتایج نشان داد که گیاه زراعی ماش پتانسیل بیشتری در جذب گرد و خاک نسبت به علف‌هرز سلمه‌تره دارد که علت آن کرک‌دار بودن برگ ماش است. رسوب ۶۰ گرم بر مترمکعب گرد و خاک از طریق کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی، سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، مقدار رطوبت نسبی برگ، ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته ماش باعث کاهش عملکرد دانه ماش گردید. به‌طور کلی، علف‌هرز سلمه‌تره احتمالاً با خصوصیت آللوپاتیک خود و با استفاده بیشتر از فضای درون گلدان در رقابت بر سر آب و جذب عناصر غذایی بر گیاه زراعی ماش غالبیت یافته و رشد بهتری در مقایسه با ماش در الگوهای مختلف کاشت داشت. در الگوهای مختلف کاشت، رشد بیشتر سلمه‌تره به‌شدت عملکرد و اجزای عملکرد ماش را تحت تأثیر قرار داد. به‌طوری‌که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته که اجزای عملکرد دانه در ماش هستند در شرایط رقابت با سلمه‌تره کاهش یافتند و باعث افت عملکرد ماش گردید. مطابق نتایج نمودارهای جایگزینی، سلمه‌تره اثر بازدارندگی بر ماش دارد و عملکرد ماش در الگوهای مختلف کاشت، کمتر از عملکرد مورد انتظار بود. ارزیابی نسبت رقابتی ماش و سلمه‌تره بیانگر توانایی رقابتی بیشتر ماش نسبت به سلمه‌تره بود. شاخص‌های رقابت نشان داد که در بیشتر موارد، علف‌هرز سلمه‌تره گونه رقابت‌کننده قوی‌تری در مقایسه با ماش است و لذا، مدیریت این علف‌هرز در مراحل ابتدایی رشد ماش به‌منظور تولید عملکرد مطلوب در این گیاه زراعی امری اجتناب‌ناپذیر است.

در صورت وقوع ریزگردها، علف‌هرز سلمه‌تره به‌دلیل قابلیت سازگاری و تطابق زیاد با گرد و خاک در مقایسه با گیاهان زراعی از نهاده‌های رشد با کارایی بالاتری استفاده کرده و باعث افت عملکرد گیاهان زراعی از جمله ماش می‌شود. اثر گرد و خاک و تداخل سلمه‌تره در تلفیق با یکدیگر سبب کاهش قابل‌توجهی در عملکرد ماش شدند؛ بنابراین مدیریت سلمه‌تره تحت شرایط گرد و خاک بسیار حائز اهمیت است.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه ایلام که منابع مالی این تحقیق را تأمین نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Abbasnasab, Z., Abedi, M., & Sadati, S.A. (2019). Effects of dust on some morphological and physiological parameters in *Bromus tomentellus* and *Medicago sativa*. *Iranian Journal of Range and Desert Research, 26*(1), 214-225. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22092/ijrdr.2019.119338

Abu-Romman, S., & Alzubi, J. (2015). Effects of cement dust on the physiological activities of *Arabidopsis thaliana*. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *10*(4), 157-164. https://doi.org/10.3844/ajabssp.2015.157.164

Addo, M.A., Darko, E.O., Gordon, C., & Nyarko, B.J.B. (2013). Contamination of soils and loss of productivity of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) caused by cement dust pollution. *International Journal of Research in Chemistry and Environment (IJRCE)*, *3*(1), 272-282. http://197.255.68.203/handle/123456789/6265

Agegnehu, G., Ghizaw, A., & Sinebo, W. (2006). Yield performance and land-use efficiency of barley and *Faba bean* mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, *25*(3), 202-207. https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002

Alavi, M., & Karimi, N. (2015). Effect of the simulated dust storm stress on the chlorophyll a fluorescence, chlorophyll content, flavonoids and phenol compounds in medicinal plant *Thymus vulgaris* L. *Journal of Plant Process and Function*, *4*(13), 17-23. (In Persian with English Abstract). http://jispp.iut.ac.ir/article-1-185-fa.html

Anyia, A.O., H., & Herzog. (2004). Water use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *European Journal of Agronomy*, *20*, 327-339. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00038-8.

Arnon, I. (1975). Physiological principles of dry land crop production. Physiological Aspects of Dryland Farming. US Gupta, Ed.

Asadi-Sabzi, M., Keshtkar, K., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2019). Effect of dust on the growth and physiological traits of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and wild barley (*Hordeum spontaneum* [K. Koch] Thell.) in the greenhouse conditions. *Iranian Journal of Weed Science*, *15*(1), 29-39. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22092/IJWS.2019.1501.03

Bais, H.P., Epachedu, S.V., Gilroy, M., & Ragan Vivanco, M. (2003). Allelopathy an exotic plant invasion, from molecules and genes to species interactions. *Science*, *31*, 1377-1380. https://doi.org/10.1126/science.1083245

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., & Ghose, S.S. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *Journal of Agronomy*, *24*(4), 325- 332. https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.10.010

Chaturvedi, R.K., Prasad, S., Rana, S., Obaidullah, S.M., Pandey, V., & Singh, H. (2013). Effect of dust load on the leaf attributes of the tree species growing along the roadside. *Environmental Monitoring and Assessment*, *185*(1), 383-391. https://doi.org/10.1007/s10661-012-2560-x

Chaurasia, S., & Karan, R. (2015). Effect of stone crusher dust pollution on wheat (*Triticum* sp.) Crop. *Internationa Journal of Research and Development Organization, Journal of Biological Science*, *1*, 22-32. https://doi.org/10.53555/bs.v1i6.2365

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., & Dordas, C.A. (2007). Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, *100*(2), 249-256. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.07.008

Eklund, L., Degerald, M., Brandt, M., Prishchepov, A.V., & Pilesjo, P. (2017). How conflict affects land use: agricultural activity in areas seized by the Islamic State. *Environmental Research Letters*, *12*(5), 054004. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa673a

Fallah Zazuli, M., Vafaeinezhad, A., Kheirkhah Zarkesh, M.M., & Ahmadi Dehka, F. (2014). Monitoring and synoptic analysis of dust haze phenomenon using remote sensing and GIS (Case study: June 18, 2012 Dust haze). *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, *23*(91), 69-80. (In Persian with English Abstract)

Fateminejhad, P., Lary-Yazdy, H., & Rafiee, M. (2017). Effect of aerosols and drought stresses on some physiological traits of mungbean (*Vigna radiata* L.). *Field Crops Research*, *30*(2), 19-33. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22092/aj.2018.109025.1109

Felegari, H., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M., Jalali-Honarmand, S., & Saeidi, M. (2017). Effect of dust deposition on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rain fed and

supplemental irrigation conditions in Kermanshah. *Journal of Agroecology*, *9*, 535-544. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v9i2.54549

Ghasemi, E., Taab, A., & Radicetti, E. (2020). Study the effect of soil dust on the competitiveness between bean (*Phaseolud vulgaris* cv. Kosha) and *Chenolodium album* L. and *Echinochloa cruss-galli* (L.) P. Beauv. *Environmental Sciences*, *18*(2), 219-236. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.29252/envs.18.2.219

Gliessman, S.R. (1990). Agroecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture (pp. 3-10). Springer New York.

Goudie, A S. (2009). Dust storms: Recent developments. *Journal of Environmental Management*, *90*(1), 89-94. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.007

Grace, J.B. (1995). On the measurement of plant competition intendity. *Ecology*, *76*, 305-308. https://doi.org/10.2307/1940651

Grantz, D.A., Garner, J.H.B., & Johnson, D.W. (2003). Ecological effects of particulate matter. *Environment International*, *29*(2), 213-239. https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00181-2

Hirano, T., Kiyota, M., & Aiga, I. (1995). Physical effects of dust on leaf physiology of cucumber and kidney bean plants. *Environmental Pollution*, *89*(3), 255-261. https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)00075-O

Katiyar, V., & Dubey, P.S. (2000). Growth behaviour of two cultivars of maize in response to SO_2 and NO_2. *Journal of Environmental Biology*, *21*(4), 317-324.

Khattak, G.S., Haq, M.A., Ashraf, M., Khan, A.J., & Zamir, R. (2001). Inheritance of some important agronomic traits in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Breeding Science*, *51*(3), 157-161. https://doi.org/10.1270/jsbbs.51.157

Leghari, S.K., Zaid, M.A., Sarangzai, A.M., Faheem, M., & Shawani, G.R. (2014). Effect of road side dust pollution on the growth and total chlorophyll contents in *Vitis vinifera* L. (grape). *African Journal of Biotechnology*, *13*(11), 1237-1242. https://doi.org/10.5897/AJB12.2652

Liu, L., Guan, D., & Peart, M.R. (2012). The morphological structure of leaves and the dust-retaining capability of afforested plants in urban Guangzhou, South China. *Environmental Science and Pollution Research*, *19*, 3440-3449. https://doi.org/10.1007/s11356-012-0876-2

Maletsika, P.A., Nanos, G.D., & Stavroulakis, G.G. (2015). Peach leaf responses to soil and cement dust pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, *22*(20), 15952-15960. https://doi.org/10.1007/s11356-015-4821-z

Mead, R., & Willey, R.W. (1980). The concept of a 'land equivalent ratio' and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture*, *16*, 217-228. https://doi.org/10.1017/S0014479700010978

Meravi, N., Singh, P.K., & Prajapati, S.K. (2021). Seasonal variation of dust deposition on plant leaves and its impact on various photochemical yields of plants. *Environmental Challenges*, *4*, 100166. https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100166

Mirshekari, B. (2013). Competition effects of lambsquarters (*Chenopodium album*) on physiological characteristics and rapeseed yield (*Brassica napus* cv. Hyolla 401). *New Finding in Agriculture*, *7*(2), 187-197. (In Persian with English Abstract).

Osuagwu, G.G.E., Edeoga, H.O., & Osuagwu, A.N. (2010). The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves of *Ocimum gratissimum* L. *Recent Research in Science and Technology*, *2*(2), 27-33.

Padgett, P.E., Dobrowolski, W.M., Arbaugh, M.J., & Eliason, S.A. (2007). Patterns of carbonate dust deposition: Implications for four federally endangered plant species. *Madrono*, *54*(4), 275-285.

Parthasarathi, T., Vanitha, K., & Velu, G. (2012). Physiological impacts of soil moisture stress and plant population on leaf gas exchange and radiation use of maize. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, *5*, 377-385. http://dx.doi.org/10.1504/IJW.2014.057791.

Pouryousef, M., Javanshir, A., Dabbage Mohammadi Nasab, A., & Hasanzadeh Ghurt Tappe, A. (2009). Interferences of common lambsquarters, *Chenopodium album* L. in two planting patterns of corn. *Agrioecology Journal*, *5*(2), 1-12. (In Persian with English Abstract).

Prusty, B.A.K., Mishra, P.C., & Azeez, P.A. (2005). Dust accumulation and leaf pigment content in vegetation near the national highway at Sambalpur, Orissa, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *60*(2), 228-235. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.12.013

Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., & Holaday, A.S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science, 30*(1), 105-111. https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010025x

Sadeghi, L., Rafiee, M., & Daneshian, J. (2021). Effect of drought stress and aerosols on yield and some physiological traits of soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Plant Process and Function, 10*(41), 263-278. (In Persian with English Abstract). http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1431-fa.html

Scheepens, P.C., Kempenaar, C., Andreasen, C., Eggers, T.H., & Netland, J. (1997). Biological control of the annual weed *Chenopodium album*, with emphasis on the application of *Ascochyta caulina* as a microbial. *Integrated Pest Management Reviews, 2*, 71-76. https://doi.org/10.1023/A:1018484530615

Shah, K., Amin, N.U., Ahmad, I., & Ara, G. (2018). Impact assessment of leaf pigments in selected landscape plants exposed to roadside dust. *Environmental Science and Pollution Research, 25*, 23055-23073. https://doi.org/10.1007/s11356-018-2309-3

Shahbazi, T., Saiedi, M., Nosratti, I. & Jalali Honarmand, S.J. (2016). Evaluation the effect of airborne dust on physiological characteristics and yield of different wheat varieties (*Triticum* sp.). *Journal of Plant Process and Function, 5*, 195-204. (In Persian with English Abstract). http://jispp.iut.ac.ir/article-1-294-en.html

Shanker, A.K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., & Avudainayagam, S. (2005). Chromium toxicity in plants. *Environment International, 31*(5), 739-753. https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.02.003

Shurtleff, J.L., & Coble, H.D. (1985). Interference of certain broadleaf weed species in soybeans (*Glycine max*). *Weed Science, 33*(5), 654-657. https://doi.org/10.1017/S004317450008303X

Singh, K.N., Bulis, A.S., Shah, M.H., & Khanday, B.A. (1991). Effect of spacing and seed rate on yield of green gram (*Vigna radiate* L. Wilczek) in Khashmir vally. *Indian Journal of Agricultural Science, 61*, 326-327.

Siqueira-Silva, A.I., Pereira, E.G., Modolo, L.V., & Paiva, E.A.S. (2016a). Leaf structural traits of tropical woody species resistant to cement dust. *Environmental Science and Pollution Research, 23*(16), 16104-16114. https://doi.org/10.1007/s11356-016-6793-z

Siqueira-Silva, A.I., Pereira, E.G., Modolo, L.V., Lemos-Filho, J.P., & Paiva, E.A.S. (2016b). Impact of cement dust pollution on *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae): A potential bioindicator species. *Chemosphere, 158*, 56-65. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.05.047

Takashi, H. (1995). Studies on the effects of dust on photosynthesis of plant leaves [In Japanese], laboratory, of environmental control in biology, college of agriculture. *Environmental Pollution, 89*(3), 255-261.

Ulrichs, C., Welke, B., Mucha-Pelzer, T., Goswami, A., & Mewis, I. (2008). Effect of solid particulate matter deposits on vegetation: A review. *Functional Plant Science and Biotechnology, 2*(1), 56-62.

Victor, R.S. (2016). Dust particles and aerosols: impact on biota "a review" (Part I). *Journal of Rangeland Science, 6*, 82-91. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20089996.2016.6.3.10.1

Wei, S., & Zhou, Q.X. (2006). Phytoremediation of cadmium-contaminated soils by *Rorippa globosa* using two-phase planting (5 pp). *Environmental Science and Pollution Research, 13*, 151-155. http://dx.doi.org/10.1065/espr2005.06.269

Willey, R. (1979). Intercropping-its importance and its research needs. Part I. Competition and yield advantages. In Field Crop Abstracts, 32, 1-10.

Yilmaz, S., Atak, M., & Erayman, M. (2008). Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean region. *Turkish Journal of Agricultural and Forestry, 32*, 111-119.